

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely Suomessa

Sonja-Maria Ignatius, Tuuli Myllymaa ja Helena Dahlbo



SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 20 | 2009

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely Suomessa

Sonja-Maria Ignatius, Tuuli Myllymaa ja Helena Dahlbo

Helsinki 2009

Suomen ympäristökeskus



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 20 | 2009
Suomen ympäristökeskus
Tutkimusosasto

Taitto: Erika Várkonyi
Kansikuva: SYKEkuva / Erno Forsström

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:
www.ymparisto.fi/syke/julkaisut

ISBN 978-952-11-3591-0 (PDF)
ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

ALKUSANAT

Suomen ympäristökeskus (SYKE) osallistuu vuosina 2009–2011 EU:n Life+ - ohjelman rahoittamaan hankkeeseen ”Julia 2030; Ilmastonmuutos Helsingin seudulla – hillintä ja sopeutuminen”. Hankkeen tavoitteina on vähentää kasvihuonekaasuja Helsingin metropolialueen kaupunkien toiminnassa, kehittää työkaluja kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan kaupunkien, kuntalaisten ja yritysten käyttöön sekä varautua sopeutumaan ilmastonmuutokseen.

Hankkeen toteuttamisesta ja raportoinnista vastaa Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV) yhteistyökumppaneinaan Espoon, Helsingin, Vantaan, Kauniaisten, Kirkkonummen ja Keravan kaupungit sekä Suomen ympäristökeskus (SYKE).

SYKEN yhtenä tehtävänä hankkeessa on tuottaa kasvihuonekaasujen päästöker-toimia eri jätejakeille jätehuollon ilmastolaskureita varten. Yhtenä tarkasteltavana jätejakeena olevasta sähkö- ja elektroniikkaromusta (SER) tehtiin selvitys, jossa kar-toitettiin SER-jätteiden määrää, laatua, käsittelyprosesseja ja hyödyntämistapoja. Selvityksen tulokset on koottu tähän raporttiin.

SER-jätteitä koskevan selvityksen toteutti korkeakouluharjoittelija Sonja-Maria Ig-natius, ja työn ohjauksesta vastasivat tutkimusinsinööri Tuuli Myllymaa ja hankkeen koordinoinnista SYKEssä vastaava vanhempi tutkija Helena Dahlbo.

Tekijät kiittävät SER-tuottajavastuuyhteisöjä ERP Finland r.y.:ä ja SER-Tuottajayh-teisö r.y.:ä, sekä SER-jätteen käsittelijöitä Ekokem Oy:tä, Stena Technoworld Oy:tä ja Kuusakoski Oy:tä hyvästä yhteistyöstä ja tietojen toimittamisesta.

Helsingissä lokakuussa 2009

Tekijät

SISÄLLYS

Alkusanat	3
Termit	7
1. Johdanto	11
2. Aineisto ja menetelmät	12
3. Sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskeva lainsäädäntö	14
3.1 Yleistä.....	14
3.2 SER-laitteiden luokittelu.....	14
3.3 Käsittely- ja raportointivelvoitteet.....	14
3.4 Vaarallisiin aineisiin liittyvät vaatimukset.....	17
3.5 Jätteiden siirrot ulkomaille.....	18
4. SER-jätteiden määrät Suomessa	20
4.1 Sähkö- ja elektroniikkaromun kertymät.....	20
4.2 SE-laitteiden jakautuminen kuluttaja- ja yritystuotteisiin.....	21
4.3 Kerätyt sähkö- ja elektroniikkaromun määrät laiteluokittain.....	22
4.4 Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden koostumukset.....	24
4.5 Suomessa kerätyn sähkö- ja elektroniikkaromun hyödyntäminen ja loppukäsittely.....	24
4.5.1 Uudelleenkäyttö.....	26
4.5.2 Materiaalihyödyntäminen.....	27
4.5.3 Energiahyödyntäminen.....	27
4.5.4 Loppukäsittely.....	28
4.6 Sähkö- ja elektroniikkaromun piilovirrat.....	28
5. SER:n keräyksen ja käsittelyn vaiheet	30
5.1 Yleistä.....	30
5.2 Keräys ja kuljetus.....	32
5.3 Esikäsittely.....	34
5.4 Jatkokäsittely.....	35
5.5 Hyödyntäminen.....	36
5.6 Loppukäsittely.....	36
6. SER-jätteen käsittelyketjut laiteryhmittäin	37
6.1 Kylmlaitteet.....	37
6.2 Suuret kodinkoneet.....	39
6.3 Kuvaputkilaitteet.....	40
6.4 Loisteputkilamput.....	42
6.4.1 Loisteputket.....	42
6.4.2 Pienloistelamput (energiansäästölamput).....	43
6.5 Muu SER-jäte.....	43
6.5.1 LCD-näytöt.....	43
6.5.2 Tietokoneet.....	43
6.5.3 Kuluttajaelektronikka.....	44
6.5.4 Kotitaloustarvikkeet.....	45

6.5.5 Isot kopiokoneet ja muu isokokoinen laitteisto	46
6.6 Sähkö- ja elektroniikkajätteen esimerkkikäsittely	46
6.7 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	46
6.8 Näkemyksiä sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätysjärjestelmän kehittämisestä	48
Lähteet	50
Kuvailulehti	52
Presentationsblad	53
Documentation page	54

TERMIT

Aine	Aineella tarkoitetaan alkuaineita tai niiden yhdisteitä sellaisina kuin ne esiintyvät luonnossa tai tuotantomenetelmin valmistettuina. (1999/45/EY)
CRT (Cathode ray tube)	Katodisädeputki, kuvaputki. Tässä selvityksessä CRT-laitteilla (kuvaputkilaitteet) tarkoitetaan kuvaputkellisia televisioita ja tietokoneen näyttöjä.
Energiakäyttö, energian hyödyntäminen	Energian hyödyntämisellä tarkoitetaan palavien jätteiden käyttöä energian tuottamiseen polttamalla niitä suoraan muiden jätteiden kanssa tai erikseen siten, että lämpö hyödynnetään.
Erikoiskäsittely	Erikoiskäsittelyksi määritellään tässä selvityksessä käsittely, joka tarvitaan sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sisältämien ongelmallisten komponenttien poistamiseksi, hyödyntämiseksi ja vaarattomaksi tekemiseksi.
Esikäsittely	Esikäsittelyllä tarkoitetaan toimintaa sen jälkeen, kun sähkö- ja elektroniikkaromu on toimitettu laitokseen puhdistusta, purkamista, murskaamista, hyödyntämistä tai käsittelyn valmistelua varten sekä muita toimia sähkö- ja elektroniikkaromun hyödyntämisen tehostamiseksi tai käsittelyn helpottamiseksi.
Huolehtiminen	Huolehtimisella tarkoitetaan <ul style="list-style-type: none">• jätteiden keräystä, kuljetusta, käsittelyä sekä niiden varastointia ja sijoittamista maan päälle tai alle, sekä• jätteiden muuntamistoimia, jotka ovat välttämättömiä jätteen uudelleenkäytön, talteenoton tai kierrättämisen kannalta. (75/442/ETY)
Hyödyntäminen	Hyödyntämisellä tarkoitetaan toimintaa, jonka tarkoituksena on ottaa talteen ja käyttöön SER:n tai sen osan sisältämä aine tai energia. (75/442/ETY liite 2B)
Hävityspoltto	Hävityspoltto tarkoittaa termistä käsittelyä ilman energian talteenottoa. Hävityspolttoa sovelletaan usein materiaaleille, jotka vaativat vaarallisten ominaisuuksiensa vuoksi erityiset poltto-olosuhteet ja savukaasujen puhdistuksen, eikä niitä siksi voi polttaa turvallisesti muun jätteen seassa (esim. CFC-aineet).
Kierrätys	Kierrätys tarkoittaa SER:n tai sen osan käyttöä raaka-aineena tuotantoprosessissa joko alkuperäiseen tai muuhun tarkoitukseen lukuun ottamatta energian hyödyntämistä. (2002/96/EY)
Kuljetus	Kuljetuksella tarkoitetaan jätteen maantie-, rautatie-, lento-, meri- tai sisävesikuljetusta. (1013/2006/EY)
Käsittely	Jäteasetuksen määritelmä (liite 6): Käsittelyllä tarkoitetaan toimintaa, jonka tarkoituksena on sähkö- ja elektroniikkaromun tai sen osan vaarattomaksi tekeminen tai lopullinen sijoittaminen. Tässä selvityksessä käsittelyllä tarkoitetaan laajemmin sellaista toimintaa, jonka tarkoituksena on tehdä romusta vaaratonta ja mahdollistaa uudelleenkäyttö, hyödyntäminen tai loppusijoitus.

LCD (Liquid Crystal Display)	Nestekidenäyttö. Tässä selvityksessä LCD-laitteilla viitataan nestekidenäytön sisältäviin televisioihin ja tietokoneiden näyttöihin.
Loppukäsittely	Käsittely, jonka tarkoituksena on sähkö- ja elektroniikkaromun tai sen osan vaarattomaksi tekeminen tai lopullinen sijoittaminen. Esimerkiksi hävityspottto tai sijoittaminen kaatopaikalle. (75/442/ETY liite 2A)
Lähtömaa	Lähtömaalla tarkoitetaan maata, josta jätteen siirron suunnitellaan alkavan tai josta siirto alkaa. (1013/2006/EY)
Neitseellinen materiaali	Luonnosta tai alkutuotannosta peräisin oleva materiaali. (SY 39/2008)
Siirto	Siirrolla tarkoitetaan jätteen suunniteltua tai toteutettavaa kuljetusta sen hyödyntämistä tai siitä huolehtimista varten <ul style="list-style-type: none"> a) maasta toiseen; tai b) jonkin maan ja sen suojeluksessa olevien merentakaisen maiden ja alueiden tai muiden alueiden välillä; tai c) jonkin maan ja jonkin sellaisen maa-alueen välillä, joka ei kansainvälisen oikeuden mukaan kuulu mihinkään maahan; tai d) jonkin maan ja Etelämantereen välillä; tai e) jostakin maasta jonkin edellä tarkoitetun alueen kautta; tai f) jonkin edellä tarkoitetun alueen kautta ja kuljetus alkaa ja päättyy samassa maassa; tai g) johonkin maahan joltakin maantieteelliseltä alueelta, joka ei kuulu minkään maan lainkäyttövaltaan. (1013/2006/EY)
Sähkö- ja elektroniikkalaitte	Sähkö- ja elektroniikkalaitteella tarkoitetaan laitetta, joka toimiakseen asianmukaisesti tarvitsee sähkövirtaa tai sähkömagneettista kenttää tai joka on tarkoitettu tällaisen virran tai kentän synnyttämiseen, siirtämiseen tai mittaamiseen ja joka on suunniteltu käytettäväksi enintään 1000 voltin vaihtojännitteellä tai enintään 1500 voltin tasajännitteellä. (2002/96/EY)
Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu, sähkö- ja elektroniikkaromu	SE-laitteesta tulee jätettä, kun laitteen haltija poistaa tai on velvollinen poistamaan laitteen käytöstä ja hävittämään kansallisten säädösten mukaan. Tähän luetaan mukaan kaikki komponentit, osakokoonpanot ja materiaalit, jotka ovat osa tuotetta silloin, kun se poistetaan käytöstä. (Jätelaki, 75/442/ETY)
Tuonti	Tuonnilla tarkoitetaan kaikkea jätteen tuloa yhteisöön, lukuun ottamatta kauttakulkua yhteisön kautta. (1013/2006/EY)
Tuottaja	Tuottajalla tarkoitetaan myyntitavasta riippumatta kaikkia niitä, jotka <ul style="list-style-type: none"> • valmistavat ja myyvät SE-laitteita omalla tuotemerkillään, tai • myyvät omalla tuotemerkillään edelleen muiden toimijoiden tuottamia laitteistoja kuitenkin siten, että jälleenmyyjää ei katsota tuottajaksi, jos tuottajan tuotemerkki esiintyy laitteistossa, tai • ammattimaisesti tuovat tai vievät SE-laitteita johonkin jäsenvaltioon. (2002/96/EY)

Uudelleenkäyttö	Direktiivin 2002/96/EY määritelmä: Uudelleenkäyttö tarkoittaa kaikkia toimia, joissa SER:ua tai sen komponentteja käytetään samaan tarkoitukseen, johon ne on suunniteltu. Uudelleenkäyttö sisältää keräyspisteisiin, jakelijoille, kierrättäjille ja valmistajille palautettujen laitteiden tai niiden komponenttien jatkettua käytön. Tässä raportissa uudelleenkäytöllä tarkoitetaan jatkettua käyttöä myös silloin, kun laite ei ensin palaudu kierrätysjärjestelmään.
Vaarallinen [jäte, aine, valmiste], ongelmajäte	<p>Esimerkkejä ominaisuuksista, jotka tekevät jätteestä, aineesta tai valmisteesta vaarallisia ja jätteestä ongelmajätteeksi luokiteltavan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • räjähtävä • hapettava • syttyvä • ärsyttävä • haitallinen • myrkyllinen • syöpää aiheuttava • syövyttävä • tartuntavaarallinen • perimän muutoksia aiheuttava • lisääntymiselle vaarallinen • ympäristölle vaarallinen <p>Lisäksi vaarallisiksi luetaan aineet ja valmisteet,</p> <ul style="list-style-type: none"> • joista voi käsittelyn jälkeen syntyä toista ainetta, kuten suotonestettä, jolla on jokin yllä luetelluista ominaisuuksista, tai • jotka aiheuttavat tai voivat aiheuttaa välitöntä tai viivästynyttä vaaraa ympäristölle. (Jäteasetus liite 4)
Valmiste	Valmisteella tarkoitetaan seosta tai liuosta, joka koostuu kahdesta tai useammasta aineesta. (1999/45/EY)
Vastaanottomaa	Vastaanottomaalla tarkoitetaan maata, johon jätteen siirtoa suunnitellaan tai johon jäte siirretään kyseisessä maassa hyödynnettäväksi tai huolehdittavaksi taikka lastattavaksi ennen sen hyödyntämistä tai siitä huolehtimista alueella, joka ei ole minkään maan lainkäytövallan alainen. (1013/2006/EY)
Vienti	Viennillä tarkoitetaan toimintaa, jolla jäte viedään pois yhteisöstä, lukuun ottamatta kauttakulkua yhteisön kautta. (1013/2006/EY)

1 Johdanto

Tässä työssä selvitettiin sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyn ja hyödyntämisen tilannetta Suomessa ja koottiin SER-jätteiden käsittelyprosessien energiankulutus-tiedot. Selvitys liittyy Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV:n koordinoimaan ja EU:n Life+ -ohjelman rahoittamaan ”Julia 2030”-hankkeeseen, jossa yhtenä osa-alueena on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen jätehuollossa. Työn tuloksia käytetään hankkeessa lähtötietona kartoitettaessa sähkö- ja elektroniikkaromun kasvihuonekaasupäästöjä. Sähkö- ja elektroniikka-alan merkitys ilmastonmuutoksen edistäjänä ja hillitsijänä on moniulotteinen. Tekniikan kehittyessä laitteiden energiatehokkuus on suurelta osin parantunut, ja esimerkiksi sähköisillä palveluilla voidaan ehkä vähentää ilmastokuormitusta merkittävästi. Laitteiden myynnin kasvaessa ja käyttöajan lyhentyessä on kuitenkin muistettava, että jokaisen laitteen valmistaminen ja käyttäminen kuluttaa energiaa ja luonnonvaroja; esimerkiksi tietotekniikka-ala vastaa kahdesta prosentista koko maailman hiilidioksidipäästöistä (Honkonen & Tuurala 2009). Myös jätehuoltovaihe vaatii omat resurssinsa, sillä romulaitteista on päästävä eroon turvallisesti ja ympäristöämme tarpeettomasti kuormittamatta.

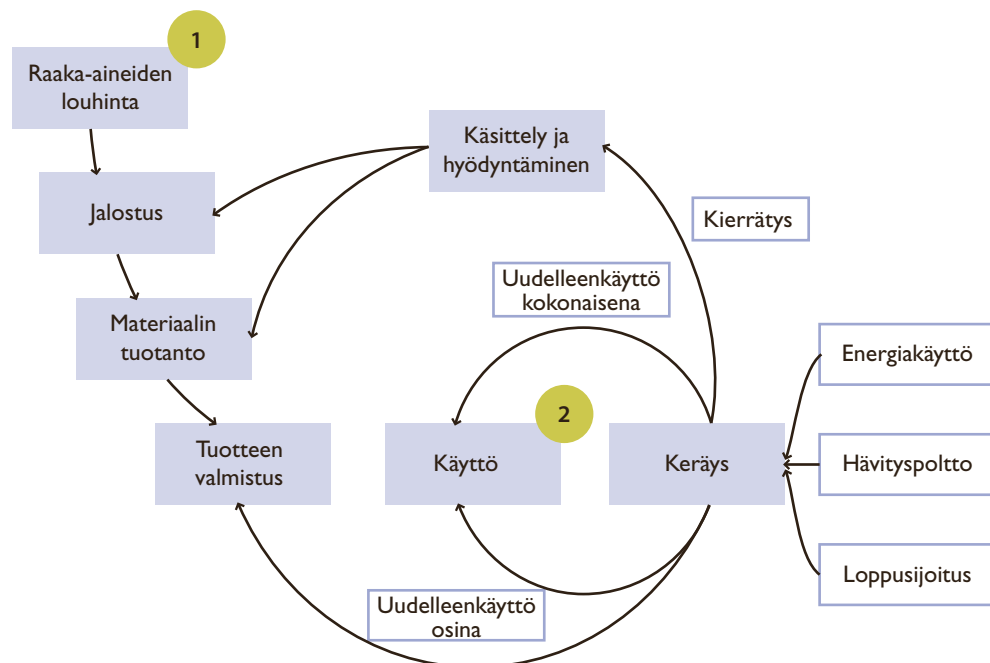
Sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollon tavoitteena on saada aikaan materiaalien suljettu kierto, jossa haitallisia päästöjä ei synny ja kaikki romun sisältämät materiaalit saadaan talteen, hyödynnettäviksi uusien tuotteiden raaka-aineena. Tällä tavalla voidaan vähentää luonnonvarojen kulutusta, hillitä ilmastonmuutosta ja ehkäistä haitallisten aineiden leviämistä ympäristössämme. Tässä tutkimuksessa keskitytään ennen kaikkea kuvailemaan SER-kierrätysjärjestelmän toimintaa selvittäen, mitä haasteita SER:n käsittelyn ja hyödyntämisen järjestämiseen liittyy. Lisäksi arvioidaan käsittelyn energiankulutus.

2 Aineisto ja menetelmät

Sähkö- ja elektroniikkaromun keräys-, kuljetus- ja käsittelyjärjestelmää koskevat raportin tiedot perustuvat puhelinhaastatteluihin, sähköpostikeskusteluihin ja vierailukäynteihin. Tärkeimpiä tietolähteitä olivat SER-jätteestä vastaavat tuottajavastuuyhteisöt, SER:n käsittelijät ja tilastojen kokoamisesta vastaava Pirkanmaan ympäristökeskus. Merkittävässä osassa oli myös tutustuminen alan kirjallisuuteen.

Sähkö- ja elektroniikkaromun määriä ja hyödyntämistapoja koskevat tilastotiedot pohjautuvat Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportteihin vuosilta 2005, 2006 ja 2007 (Alakerttula 2009). Raportointi on alkanut vasta vuonna 2005, joten ensisijaisena lähteenä on käytetty luotettavimmaksi katsottua, vuoden 2007 tilastoa. Pirkanmaan ympäristökeskuksen Johanna Alakerttulan arvion mukaan kyseisen vuoden tilasto vastannee varsin hyvin todellista tilannetta.

Tässä raportissa arvioidaan sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyn ja kuljetusten vaatima energia. Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä suoraan esimerkiksi jätteiden polton seurauksena ja epäsuorasti energiankulutuksen kautta. Käsittely- ja kuljetusprosesseista ei itsessään juurikaan vapaudu



Kuva 1. Tuotteen (esim. sähkö- ja elektroniikkalaite) elinkaari. Numerot kuvaavat kohtia, joista elinkaaritarkastelu aloitetaan (Numero 1: Tavanomainen elinkaaritarkastelu; Numero 2: Jätehuollon elinkaaritarkastelu. Aloituskohtaa varhaisemmat vaiheetkin huomioidaan silloin, kun jätehuoltotoiminnoista palautuu materiaalia takaisin tuotanto- ja valmistusprosesseihin.)

kasvihuonekaasuja, vaan kasvihuonekaasupäästöt liittyvät prosessien energiankulutukseen. Energian kulutuksen voidaan siis olettaa antavan karkean yleiskäsityksen myös toimintojen kasvihuonekaasupäästöistä. Tarkkojen arvioiden saamiseksi olisi otettava huomioon myös esimerkiksi poltosta syntyvät päästöt. Kulutetun energian kuljetusten määrät perustuvat SER:n käsittelijöiden antamiin arvioihin. Tietoja eri prosessien energiankulutuksesta oli saatavissa hyvin rajallisesti, koska kuljetettujen määrien ja etäisyyksien arviointi on vaikeaa, ja sähkö- ja elektroniikkaromun mekaanisten käsittelyprosessien energiankulutustietoja ei aina ollut mitattu. Tarkastelua vaikeuttaa myös se, että sähkö- ja elektroniikkaromu jakautuu jokaisessa käsittelyvaiheessa uudestaan erilaisiin jakeisiin, jotka voidaan käsitellä myös Suomen ulkopuolella. Suomen ulkopuolella tapahtuvien prosessien energiankulutuksia ei arvioitu.

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyketjun energiankulutuksen määrittämiseen on käytetty elinkaariperusteista lähestymistapaa. Tässä selvityksessä päästöjen tarkastelu aloitetaan siitä hetkestä, kun sähkö- ja elektroniikkalaite poistetaan käytöstä eli jäte syntyy (kuva 1). Lähestymistapa poikkeaa perinteisestä, tuotekohtaisesta elinkaariarvioinnista, joka kattaa tyypillisesti tuotteiden koko ketjun raaka-aineista alkaen, mutta on yleisesti käytössä jätehuoltoa käsittelevissä tutkimuksissa. Tuotteen aikaisempia elinkaaren vaiheita ei niissä tarkastella muuten kuin jätteen hyödyntämisen avulla vältettyinä prosesseina, mutta niiden energiankulutusta ei ole sisällytetty tähän työhön. Yksittäisten materiaalivirtojen tarkastelu loppuu siihen, kun SER:sta saatu komponentti tai materiaali loppukäsitellään, tai kun siitä syntynyt uusioraaka-aine on käytetty neitseellisen raaka-aineen tapaan jälleen tuotantoprosesseissa. Jätehuollon elinkaaritarkastelun menetelmää ja toteutusperiaatteita on tarkemmin kuvattu SYKEN aiemmissa julkaisuissa (esim. Myllymaa ym. 2008).

3 Sähkö- ja elektroniikkalaitteita koskeva lainsäädäntö

3.1

Yleistä

Sähkö- ja elektroniikkaromuun liittyy useita säädöksiä, joista tärkeimpiä on EU:n alueella helmikuussa 2003 voimaan astunut direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (2002/96/EY) eli lyhyesti WEEE-direktiivi. Direktiivin tarkoituksena on ensisijaisesti ehkäistä SER:n syntymistä ennalta ja edistää syntyneen romun hyötykäyttöä EU:n jätehierarkian periaatteiden mukaisesti. Syntyvän jätteen haitallisuuden vähentämiseksi on asetettu direktiivi vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (RoHS-direktiivi, 2002/95/EY). Suomessa direktiivit on saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä valtioneuvoston asetuksella sähkö- ja elektroniikkaromusta (852/2004) ja valtioneuvoston asetuksella vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (853/2004). Taulukkoon 1 on koottu sähkö- ja elektroniikkaromuun liittyvää lainsäädäntöä. Tunnisteet viittaavat alkuperäiseen säädökseen.

3.2

SER-laitteiden luokittelu

WEEE-direktiivissä sähkö- ja elektroniikkalaitteet jaetaan kymmeneen laiteluokkaan. Jokaiselle luokalle on määritelty laitekohtaiset, massaperusteiset hyödyntämistavoitteet. Direktiivi edellyttää, että kotitalouden¹ sähkö- ja elektroniikkaromua on kerättävä keskimäärin vähintään neljä kilogrammaa asukasta kohti vuodessa. Suomen lainsäädännön mukaan tuottajien on kuitenkin kerättävä ja käsiteltävä kaikki kerättävissä oleva SE-jäte direktiivin tavoitteen saavuttamisesta riippumatta. SER-luokat ja kerätyn romun edellytetyt hyödyntämistavoitteet on esitetty taulukossa 2.

3.3

Käsittely- ja raportointivelvoitteet

Suomessa sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely- ja raportointivelvoitteet ovat astuneet voimaan 13.8.2005. WEEE-direktiivissä edellytetään, että SER on kerättävä erillään muista jätteistä, ja käyttäjille on tiedotettava velvollisuudesta toimittaa SER erilliskeräykseen. Laitteet on merkittävä erilliskeräystä kuvaavalla tunnuksella. Direktiivissä vahvistetaan tuottajavastuun periaate, jonka tarkoituksena on kannustaa laitevalmistajia tuottamaan sellaisia laitteita, jotka on helppo korjata, uudelleenikäyttää, purkaa ja kierrättää.

¹ Kotitalouden sähkö- ja elektroniikkaromulla tarkoitetaan kotitalouksilta peräisin olevaa SER:a sekä kaupan, teollisuuden, laitosten ja muun elinkeinotoiminnan piiristä tulevaa SER:a, joka laatunsa ja määränsä vuoksi vastaa kotitalouksista peräisin olevaa SER:a.

Tuottajalla tarkoitetaan myyntitavasta riippumatta kaikkia niitä, jotka

- valmistavat ja myyvät SE-laitteita omalla tuotemerkillään, tai
- myyvät omalla tuotemerkillään edelleen muiden toimijoiden tuottamia laitteistoja kuitenkin siten, että jälleenmyyjää ei katsota tuottajaksi, jos tuottajan tuotemerkki esiintyy laitteistossa, tai
- ammattimaisesti tuovat tai vievät SE-laitteita johonkin jäsenvaltioon.

(2002/96/EY)

Tuottajavastuuperiaatteen mukaisesti tuottajien on rahoitettava sekä kotitalouksien että muiden käyttäjien SER:n osalta ainakin keräys, uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja ympäristöä säästävä loppukäsittely elokuusta 2005 alkaen. Jokaisen tuottajan on osallistuttava näistä toimista aiheutuviin kustannuksiin omalta osaltaan. Kevään 2011 jälkeen (13.2.2011) SER-luokkien 2–10 ja 13.2.2013 jälkeen luokan 1 kustannuksia ei saa erikseen ilmoittaa ostajalle uusia tuotteita myydessä. Direktiivissä edellytetään myös, että ns. vanhasta jätteestä, eli ennen säädöksen voimaan tuloa markkinoille

Taulukko I. Sähkö- ja elektroniikkaromuun liittyvää lainsäädäntöä.

Säädös	Tunniste	Sisältö
Direktiivi sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta (WEEE-direktiivi)	2002/96/EY	Sähkö- ja elektroniikkaromun synnyn ennaltaehkäisy, jätteen käsittely, tuottajan vastuu
Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkaromusta	852/2004	Sähkö- ja elektroniikkaromun synnyn ennaltaehkäisy, jätteen käsittely, tuottajan vastuu
Valtioneuvoston asetus vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa	853/2004	Sähkö- ja elektroniikkaromun haitallisuuden vähentäminen
Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti)	2008/98/EY	Ympäristön ja ihmisten terveyden suojeleminen, jätteen syntymisen ja jätehuollon aiheuttamien haittavaikutusten, sekä materiaalien käytöstä aiheutuvien kokonaisvaikutusten ehkäisy tai vähentäminen
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH)	1907/2006	Asetus kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista
Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista	861/1997	Jätteitä ja kaatopaikkoja koskevat toiminnalliset ja tekniset vaatimukset
Jätelaki	1072/1993	Jätehuollon periaatteet, jätteen synnyn ehkäisy ja haitallisuuden vähentäminen
Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi jätteistä	2006/12/EY	Jätehuollon periaatteet, jätteen synnyn ehkäisy ja haitallisuuden vähentäminen
Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta	362/2003	Sovelletaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitokseen, jossa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätelaissa tarkoitettua jätettä. Jätteen polton raja-arvot, mittausvelvoitteet ja poltettavat jätteet.
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus otsonikerrosta heikentävistä aineista	2037/2000	Otsonikerrosta heikentävien aineiden päästöjen vähentäminen
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista	842/2006	Kiotoon pöytäkirjaan kuuluvien fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen
Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus jätteiden siirrosta	1013/2006	Jätteiden siirtoihin sovellettavat menettelyt ja valvontajärjestelmät
Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta (voimassa 1.7.2009 alkaen)	452/2009	Sovelletaan jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteita, sammutuslaitteistoja, ajoneuvojen ilmastointilaitteita, suurjännitekytkinlaitteita sekä fluorattuihin kasvihuonekaasuihin pohjautuvia liuottimia sisältäviä laitteita asentavaan, kunnossapitävään ja huoltavaan henkilöön ja mainittua toimintaa harjoittavaan toiminnanharjoittajaan.
Ympäristöministeriön asetus yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta	1129/2001	Yleisimmät jätteet ja ongelmajätteet

saatettujen laitteiden asianmukaisesti käsittelystä on huolehdittava. Tuottajavastuu koskee myös etämyyntiä harjoittavia yrityksiä.

WEEE-direktiivin määräykset eivät koske laitteiden komponentteja vaan ainoastaan tuotteiksi käsitettäviä laitteita, jotka ovat sellaisenaan käyttöön soveltuvia. Tuotteiksi käsitetään esimerkiksi sellaiset laitteet, jotka ovat kuluttajapakkausessa ja jotka sisältävät tarvittavat käyttöohjeet (Alakerttula 2009). Siten esimerkiksi laitteiden varaosia maahantuovat yritykset eivät kuulu tuottajavastuun piiriin.

Pirkanmaan ympäristökeskus ylläpitää Suomessa tuottajavastuurekisteriä, johon kootaan seuraavat SER-jätehuoltoa koskevat vuotuiset tiedot:

- markkinoille saatettujen laitteiden määrä,
- romun kertymät laiteluokittain,
- kerätty romun määrä laiteluokittain,
- uudelleenkäytetyn, kierrätetyn ja energiana hyödynnetyn SER:n määrä, sekä
- missä uudelleenkäyttö ja käsittely on tapahtunut (Suomessa, EU:ssa vai EU:n ulkopuolella).

Määrät ilmaistaan tonneina ja mahdollisuuksien mukaan myös kappaleina. Tuottajien on ilmoitettava kyseiset seurantatiedot Pirkanmaan ympäristökeskukselle, joka toimittaa raportin vaadittavine tietoineen komissiolle kahden vuoden välein. Pirkanmaan ympäristökeskus toimittaa myös vaadittavan selonteon WEEE-direktiivin täytäntöönpanosta Euroopan komissiolle kolmen vuoden välein. Seurantatietoja on koottu elokuusta 2005 alkaen.

Taulukko 2. Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden luokkajako ja luokkien edellytetyt hyödyntämis- ja uudelleenkäyttöasteet laitekohtaisen massan mukaan (WEEE-direktiivi).

Luokka	Esimerkkejä luokan laitteista	Hyödyntämisaste vähintään (%)	Uudelleen-käyttö ja kierrätys (%)
1. Suuret kodinkoneet	kylmälaitteet, pesukoneet, sähköuunit ja -liedet, mikroaaltouunit, sähköiset lämpöpatterit, ilmastointilaitteet	80	75
2. Pienet kodinkoneet	pölynimurit, ompelukoneet, silitysraudat, leivänpaahittimet, kahvinkeitin, kellot, hiustenkuivaimet, sähköhammasharjat	70	50
3. Tieto- ja teletekniset laitteet	tietokoneet, tulostimet, laskimet, puhelimet, matkapuhelimet	75	65
4. Kuluttajaelektroniikka	radiot, televisiot, kamerat, äänentoistolaitteet, digiboksit, videonauhurit	75	65
5. Valaistuslaitteet	loisteputkivalaisimet, loisteputket, pienloistelamput, korkeatehoiset purkauslamput, matalapaineiset natriumlamput	70	50
	kaasupurkauslamppuromu	80	80
6. Sähkö- ja elektroniikkatyökalut	porat, sahat, laitteet esim. puun tai metallin työstämiseen, hitsaus- ja juotolaitteet, ruohonleikkurit	70	50
7. Lelut, vapaa-ajan ja urheiluväl.	sähköjunat, kilpa-autoradat, videopelit, videopelien kädessä pidettävät ohjauspäätteet, tietokoneet pyöräilyä, juoksua, soutuja jne. varten	70	50
8. Lääkinnälliset laitteet (lukuun ottamatta siirteitä ja infektoituvia tuotteita)	sädehoitolaitteet, kardiologiset laitteet, analyyttorit, hedelmöitystestit jne.	-	-
9. Tarkkailu- ja valvontalaitteet	paloilmaisimet, lämmityksen säätölaitteet, termostaatit, mittaus-, punnitus- ja säätölaitteet	70	50
10. Automaatit	juoma-automaatit, raha-automaatit, erilaiset tuoteautomaatit	80	75

Tuottajat voivat täyttää lakisääteiset velvoitteensa liittymällä tuottajayhteisöön, joka ottaa vastuulleen SER:n keräyksen ja käsittelyn järjestämisen sekä seuranta-tietojen raportoinnin. Vaihtoehtoisesti tuottajat voivat hoitaa tuottajavastuunsa itse ilmoittautumalla tuottajatiedostoon sekä hoitamalla tuotteiden jätehuollon ja sen kustannukset itse.

WEEE-direktiivi määrittelee lisäksi esikäsittelypaikkojen tekniset vaatimukset ja vaatimuksia, jotka koskevat tiettyjen SER:n materiaalien ja jätekomponenttien valikoivaa käsittelyä. Sen mukaan SER:stä on poistettava ainakin seuraavat aineet, valmisteet ja komponentit:

- polykloorattuja bifenyylejä (PCB) sisältävät kondensaattorit
- elohopeaa sisältävät jätekomponentit, kuten katkaisimet ja taustavalolamput
- paristot
- piirilevyt, jotka ovat suurempia kuin 10 cm²
- väriainekasetit sekä nestemäiset ja tahnamaiset väriaineet
- bromattuja palonestoaineita sisältävät muovit
- asbestijätteet ja asbestia sisältävät komponentit
- katodisädeputket
- täysin halogenoidut kloorifluorihilivedyt (CFC), osittain halogenoidut kloorifluorihilivedyt (HCFC) tai fluorihilivedyt (HFC), hilivedyt (HC)
- kaasupurkauslamput
- yli 100 cm² kokoiset nestekidenäytöt (sekä tarvittaessa niiden kotelot) ja kaikki näytöt, joiden taustavalona on kaasupurkauslamppu
- ulkopuoliset sähkökaapelit
- vaarallisten aineiden luettelosta annetussa liitteessä (STM:n asetus 624/2001) tarkoitetut tulenkestäviä keraamisia kuituja sisältävät komponentit
- radioaktiivisia aineita sisältävät komponentit, lukuun ottamatta perusnormien vahvistamisesta työntekijöiden ja väestön terveyden suojelemiseksi ionisoivasta säteilystä aiheutuvilta vaaroilta 13 päivänä toukokuuta 1996 annetun neuvoston direktiivin 96/29/Euratom (3) 3 artiklassa ja liitteessä I säädetyt raja-arvot alittavia komponentteja
- vaarallisia aineita sisältävät elektrolyyttikondensaattorit (korkeus > 25 mm, halkaisija > 25 mm tai suhteellisesti samankokoinen).

Nämä jätteet on käsiteltävä noudattaen erityistä huolellisuutta, jotta ei vaaranneta ihmisten terveyttä eikä aiheuteta vahinkoa ympäristölle. (775/442/ETY 4 artikla).

3.4

Vaarallisiin aineisiin liittyvät vaatimukset

RoHS-direktiivin ja sen nojalla annetun valtioneuvoston asetuksen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa (853/2004) mukaan markkinoille saatettavat SE-laitteet eivät saa sisältää lyijyä, elohopeaa, kadmiumia, kuuden arvoista kromia, polybromibifenyyleä (PBB) tai polybromidifenyylieetteriä (PBDE). Suomessa valvontaviranomaisena toimii Turvatekniikan keskus. Eräiden käyttötarkoitusten osalta näistä vaatimuksista voidaan poiketa, ja tällöin aineille on määritelty enimmäispitoisuudet. Esimerkkejä näistä käyttötarkoituksista:

- elohopea loistelampuissa
- lyijy katodisädeputkien, elektroniikkakomponenttien ja loisteputkien lasissa
- lyijy muiden metallien seosaineena
- lyijy juotoksissa ja
- kadmium ja sen yhdisteet sähköisissä kontakteissa sekä kadmiumpinnoitus.

Jätteiden siirrot ulkomaille

Syntyvän jätteen määrän voimakas kasvu ja kansainväliset markkinat ovat tehneet SER:n jätehuollosta monimutkaista kansainvälistä liiketoimintaa. Jätteen siirrolla tarkoitetaan jätteen suunniteltua tai toteutettavaa kuljetusta useimmiten maasta toiseen. Jätteen siirtoihin kannustavat monet tekijät, kuten maiden väliset erot käsittelykustannuksissa, verotuksessa ja käsittelykapasiteetissa (EEA 2009).

Jätteen siirtojen periaatteet määritellään YK:n Baselin sopimuksessa (Basel 1989), johon myös EU:n asetus jätteiden siirrosta (EY 1013/2006) pohjautuu. Huolehdittavaksi tarkoitettun jätteen vienti EFTA:n ulkopuolelle on kielletty (EY 1013/2006). Hyödynnettäväksi tarkoitettuihin jätteisiin sovelletaan joko kirjallista ilmoitus- ja hyväksymismenettelyä (lupamenettely) tai pelkkää ilmoitusmenettelyä riippuen jätteen ominaisuuksista. Vaarallisten jätteiden osalta sääntely on tiukempaa kuin ei-vaarallisiksi luokiteltujen (EY 1013/2006, EEA 2006). Ilmoitus- ja hyväksymismenettelyyn osallistuvat ilmoituksen tekijä (eli yleensä jätteen tuottaja, jätteen siirtoa suunnitteleva taho), lähtö-, kauttakulku- ja vastaanottomaan viranomaiset, sekä jätteen käsittelijä vastaanottomaassa. Kun siirto on toteutettu, jätettä käsittelevän laitoksen velvollisuus on antaa todistus siitä, että jäte on asianmukaisesti huolehdittu tai hyödynnetty (EY 1013/2006).

Sääntelyllä pyritään välttämään jätteiden siirtoihin liittyviä epäkohtia, kuten vaarallisen jätteen vientiä kehittyviin maihin, joilla ei useinkaan ole kapasiteettia jätteen asianmukaiseen käsittelyyn. EU:n jätepolitiikan kulmakiviä ovat läheisyys- ja omavaraisuusperiaatteet, joiden mukaan jätteet tulee käsitellä asianmukaisesti mahdollisimman lähellä syntypaikkaansa. Tavoitteena on, että yhteisö on omavarainen jätteiden käsittelyn suhteen, eikä jätteitä tarvitsisi kuljettaa muualle.

Sähkö- ja elektroniikkaromun siirtoja säädelään eri tavoin riippuen seuraavista seikoista (EEA 2009, Revised Correspondent Guidelines 2007):

- onko jäte vaarallinen,
- onko jäte tarkoitettu hyödynnettäväksi vai huolehdittavaksi,
- ovatko maat EU:n tai EFTA:n jäseniä,
- ovatko maat ratifioineet Baselin sopimuksen,
- kuuluvatko maat OECD:een ja
- mikä on maiden oma lainsäädäntö.

Jäte luokitellaan vaaralliseksi, mikäli sillä on jokin seuraavista ominaisuuksista:

- räjähtävä
- hapettava
- syttyvä
- ärsyttävä
- haitallinen
- myrkyllinen
- syöpää aiheuttava
- syövyttävä
- tartuntavaarallinen
- perimän muutoksia aiheuttava
- lisääntymiselle vaarallinen
- ympäristölle vaarallinen

Lisäksi vaarallisiksi luetaan aineet ja valmisteet,

- joista voi käsittelyn jälkeen syntyä toista ainetta, kuten suotonestettä, jolla on jokin yllä luetelluista ominaisuuksista, tai
- jotka aiheuttavat tai voivat aiheuttaa välitöntä tai viivästynyttä vaaraa ympäristölle. (Jäteasetus liite 4)

Periaatteessa sähkö- ja elektroniikkaromut luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, mutta luokittelussa on joitakin poikkeuksia. Vaarattomiksi eli ns. vihreän listan jätteiksi luokitellaan sähkö- ja elektroniikkaromusta

- sähkölaitteiden jätteet, jotka sisältävät vain metalleja tai metalliseoksia, sekä
- elektroniikkaromu (kuten painetut piirilevyt, elektroniset komponentit, johdot jne.) ja talteen otetut elektroniset komponentit, jotka soveltuvat perus- ja jalometallien hyödyntämiseen. (Revised Correspondent Guidelines 2007, EY 1013/2006).

Edellä olevat määritelmät jättävät paljon tulkinnanvaraa aiheuttaen erimielisyyksiä viranomaisten ja jätteen siirtoja suunnittelevien tahojen välille. Lupamenettelyä kevyemmän ilmoitusmenettelyn vuoksi vihreän listan jätteinä yritetään toisinaan siirtää luokkaan kuulumattomia, vaarallisiakin jätteitä. Euroopan unionin sisäisissä siirroissa sekä siirroissa OECD-maihin noudatetaan väljempää määräystä kuin siirroissa OECD:n ulkopuolisiin maihin. Vaarallisten jätteiden vienti OECD:n ulkopuolisiin maihin on kielletty (EEA 2009). Jätteiden tuontiin EU-valtioihin liittyvät säädökset vaihtelevat sen mukaan, kuuluuko viejäämaa OECD:een tai Baselin sopimuksen allekirjoittaneisiin valtioihin vai ei (EY 1013/2006).

Jätteiden siirtoihin olennaisesti liittyvä seikka on myös jätteen määritelmä, joka ei useinkaan ole yksiselitteinen. Etenkin metallien ollessa kyseessä jätteen ja raaka-aineen ero on hämärä. Sähkö- ja elektroniikkalaitteita, jotka on tarkoitettu suoraan uudelleenkäytettäväksi eikä kierrätettäväksi tai loppukäsiteltäväksi, voidaan siirtää maasta toiseen suhteellisen vapaaksi. Näiden laitteiden siirroissa useat maat eivät edellytä lupamenettelyä, sillä vanhoja, mutta toimivia laitteita ei tarvitse luokitella jätteiksi (Revised Correspondent Guidelines 2007, EEA 2009, EY 1013/2006). Tästä seuraa kuitenkin ongelmia, sillä on tavallista, että myös toimimattomia laitteita siirretään ehjien, uudelleenkäytettävien laitteiden nimellä etenkin Aasiaan ja Afrikkaan.. Kehittymättömien käsittelymenetelmien pelätään aiheuttavan siellä huomattavia terveydellisiä ja ympäristöongelmia (Greenpeace 2006, Honkonen ja Tuurala 2009).

4 SER-jätteiden määrät Suomessa

4.1

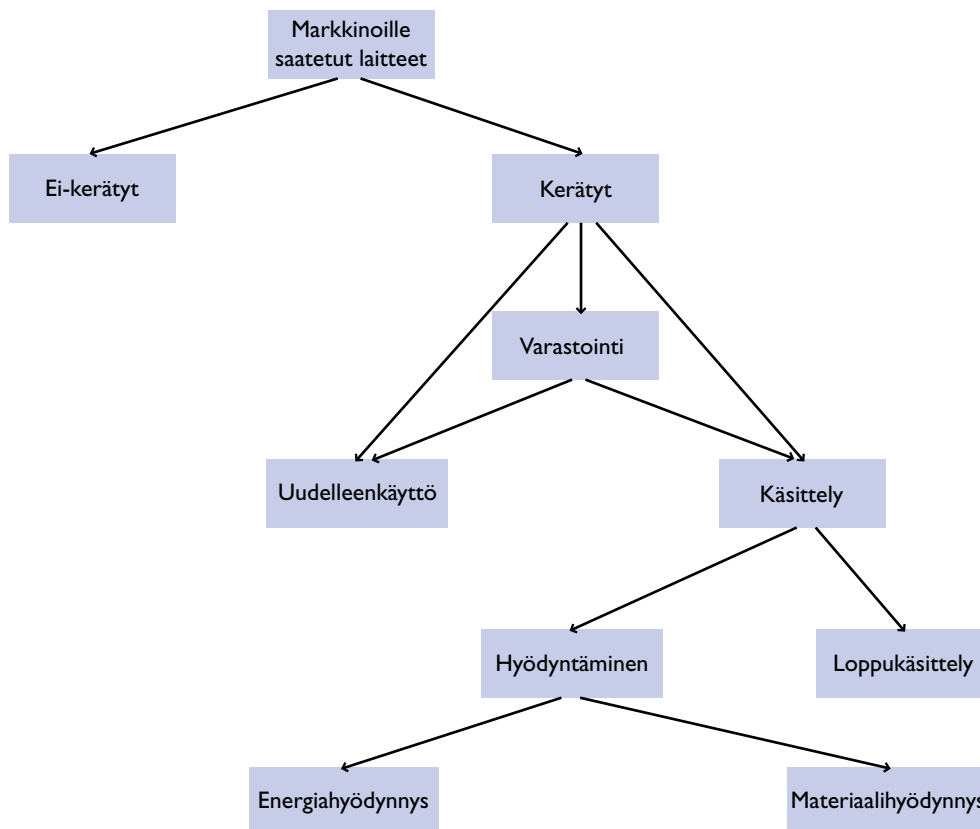
Sähkö- ja elektroniikkaromun kertymät

Romun kertymä tarkoittaa markkinoille saatettujen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden käytöstä poistuvaksi arvioitavaa eli syntyväksi arvioitavan jätteen määrää. Tuottajat arvioivat romun kertymän ja raportoivat sen Pirkanmaan ympäristökeskukseen, ja tietoja käytetään mm. keräysjärjestelmän mitoittamiseen. Kertymäarvioiden ohella kansallinen raportointi käsittää myös tiedot lopullisesti kerätyistä SER-määristä, jotka on käsitely luvussa 4.3.

Romun kertymä lasketaan markkinoille saatettujen laitteiden määrästä – kaikki laitteet päätyvät jätteeksi ennemmin tai myöhemmin. Kertymä-käsitettä on selvennetty kuvassa 2. Sähkö- ja elektroniikkaromun määrän kasvun tärkeimpiä syitä ovat laitteiden yleistyminen, hintojen halpeneminen ja väestön vaurastuminen. Laitteiden käyttöiät ovat lyhentyneet: esimerkiksi työkäytössä olevan kannettavan tietokoneen käyttöikä on enää kolmisen vuotta (Honkonen & Tuurala 2009).

SER:n kertymään vaikuttaa monta tekijää, kuten edellisinä vuosina markkinoille saatettujen laitteiden määrät, laitteiden käyttöajat, taloudellinen tilanne, ja tekniikan kehitys. Kertymä riippuu olennaisesti ihmisten arvoista ja mieltymyksistä: kuinka usein tarvitsee ostaa uusi laite, ja viedäänkö vanha laite korjattavaksi sen sijaan että ostetaan uusi. Pirkanmaan ympäristökeskuksen tuottajilta kokoamia romun kertymäarvioita pidetään melko epätarkkoina kertymän arvioinnin vaikeuden vuoksi. Vuodelle 2007 arvioitu kertymä, noin 59 600 tonnia (Alakerttula 2009), vastaa noin 11,5 kg:n vuosittaista kertymää henkeä kohti. Todellinen kerätyn romun määrä oli vastaavana aikana noin 48 600 tonnia. Vuosina 2003 ja 2005 tehtyjen tutkimusten mukaan sähkö- ja elektroniikkaromua syntyy Suomessa jopa 20–23 kiloa henkilöä kohti vuodessa (Honkonen & Tuurala 2009, United Nations University 2007). Edelleen eurooppalaisten tutkimusten mukaan vuotuinen romun kertymä vanhoissa EU-jäsenvaltioissa on 14–24 kilogramman välillä (United Nations University 2007). Sähkö- ja elektroniikkaromun määrän kasvuvauhdiksi EU:n alueella on arvioitu 2,5–5 % vuodessa (United Nations University 2007, Hischier ym. 2005).

Syntyvän sähkö- ja elektroniikkaromun määrä tuskin pienenee lähivuosina, vaikka esimerkiksi taloudellinen taantuma saattaa väliaikaisesti hillitä ihmisten intoa ostaa uusia laitteita. Tekniikan kehittyessä laitteiden materiaalihokkuus saattaa edelleen parantua ja laitteista tehdään entistä kevyempiä, joten massan perusteella arvioituna kertymän kasvunopeus saattaa hidastua. Lukumäärän perusteella laskettuna romulaitteiden kertymän kasvu tuskin hidastuu, sillä erilaisia sähkökäyttöisiä laitteita kehitetään jatkuvasti uusiin tarkoituksiin, ja laitteita ostetaan samaan kotitalouteen yhä useampia (Digitoday 2005).



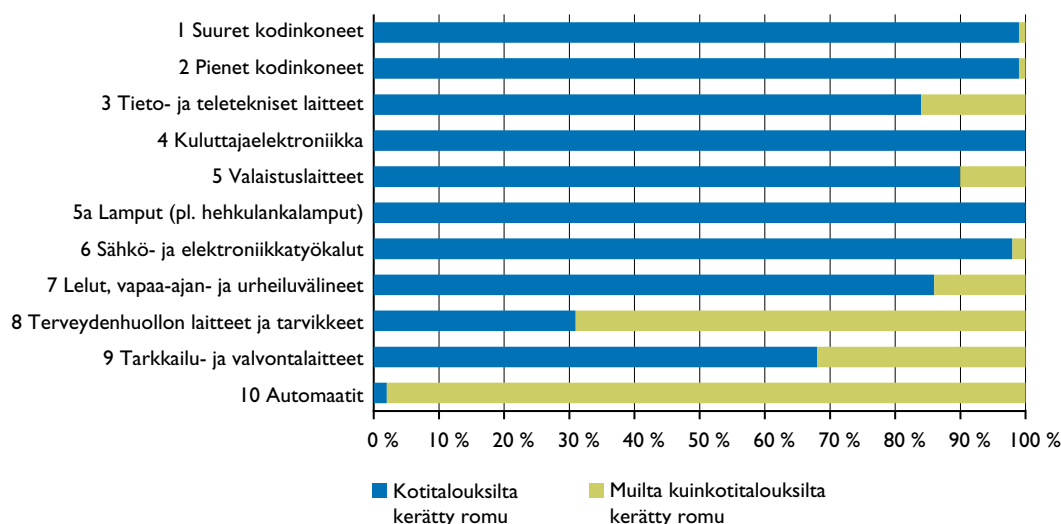
Kuva 2. SER-jätteen tilastointikäsitteiden merkitykset. Ei-kerätyt jätteet ovat myytyjen laitteiden perusteella tehdyn kertymäärarvion ja todellisen kerätyn määrän välinen ero, josta osa selittyyne kotitalouksiin tai muihin varastoihin kertyvillä laitteilla, osa muilla tilastoinnin ja todellisuuden välisillä puutteellisilla tiedoilla.

4.2

SE-laitteiden jakautuminen kuluttaja- ja yritystuotteisiin

Kuluttajatuote (B2C) on tuote, jota käytetään tai voidaan käyttää kotitalouksissa. Kaikki muut tuotteet lasketaan yritystuotteiksi (B2B). Tuotteiden jaottelu ei riipu siitä, onko tuote myyty kotitaloudelle vai yritykselle, tai myydäänkö se mahdollisesti toisen yrityksen kautta vai suoraan kuluttajalle. Kuluttajatuotteita ovat esim. tavalliset tietokoneet, sähkökiukaat, valaisimet, kannettavat sähkötyökalut, televisiot ja kaiuttimet. Yritystuotteiksi luokitellaan mm. palvelimet, automaattit, sekä kotikäyttöön soveltumattomat tulostinlaitteet (Elker 2009). WEEE-direktiivissä ei ole määritelty keräystavoitteita yritystuotteiden sähkö- ja elektroniikkaromulle, mutta yritystuotteet otetaan huomioon massaperustaisten hyödyntämistavoitteiden toteutumista arvioitaessa. Kotitalouksilta kerätty romu vastaa 95 p-% kaikesta kerätystä romusta (kuva 3).

Tuottajat hoitavat tuottajavastuun velvoitteet yleisimmin liittymällä tuottajayhteisöihin, jotka huolehtivat jäsentensä puolesta SER:n asianmukaisen keräyksen, kuljetuksen ja käsittelyn järjestämisestä. Tuottajayhteisöt myös keräävät romua koskevat seurantatiedot jäseniltään ja raportoivat ne Pirkanmaan ympäristökeskukselle. Jätehuollon kustannukset ne laskuttavat jäseniltään (Alakerttula 2009). Merkittävä osa tuottajista on hoitanut tuottajavastuunvelvoitteensa, mutta edelleen on satoja yrityksiä, joilla se on hoitamatta. (Alakerttula 2009, Hämäläinen 2009). Sähkö- ja elektroniikka-alan hyväksyttyjä tuottajayhteisöjä ovat ERP Finland ry (ERP), SER-Tuottajayhteisö ry (Serty), SELT ry, ICT-Tuottajaosuuskunta ry ja Flip ry. Jos yrityksen tuotevalikoimaan kuuluu kuluttajille tarkoitettuja sähkö- ja elektroniikkalaitteita, tuottajavastuun velvoitteiden täyttämiseksi yrityksen kannattaa yleensä liittyä tuottajayhteisön jäseneksi,



Kuva 3. Kotitalouksilta ja muilta kuin kotitalouksilta kerätty romu [p-%] (vuosi 2007)

sillä romulaitteiden keräys on järjestettävä kattavasti koko maassa. Jos yrityksen tuotevalikoimassa on vain ammattikäyttöön tarkoitettuja laitteita, yritys voi joko liittyä tuottajayhteisöön tai ilmoittautua tuottajatiedostoon ja järjestää itse laitteidensa asianmukaisen jätehuollon (Alakerttula 2009, Ympäristöhallinto 2009a).

4.3

Kerätyt sähkö- ja elektroniikkaromun määrät laiteluokittain

Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportin mukaan SER-jätettä päätyi keräykseen vuonna 2006 noin 40000 tonnia. Vuonna 2007 määrä oli noin 49 000 tonnia (Alakerttula 2009), mikä vastaa noin 9 kilogrammaa kerättyä jätettä henkeä kohti. Raporteissa ilmoitetun määrän kasvu johtunee sähkö- ja elektroniikkaromun määrän lisääntymisestä, keräyksen tehostumisesta, mutta myös raportointikäytäntöjen vakiintumisesta.

Suuret kodinkoneet (luokka 1) vastaa massaltaan noin puolesta Suomessa kerätystä romusta (taulukko 3). Suuret kodinkoneet ovat metalliteollisuuden haluttua raaka-ainetta metallipitoisuutensa ja vähäisten esikäsittelyvaatimustensa vuoksi sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Tämän vuoksi ne päätyvät kierrätykseen erilaisilta romupihoilta romukauppiaiden välityksellä muun metalliromun seassa (Syrjä 2009). Näiden epävirallisia keräysreittejä kulkeneiden laitteiden määrät eivät siis välttämättä näy Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportissa kerättyinä eivätkä käsiteltyinä romutonneina (Vattulainen 2009).

Muita massaltaan suuria luokkia ovat tieto- ja teleteknisten laitteiden ja kuluttajaelektroniikkalaitteiden luokat 3 ja 4, jotka vastaavat kumpikin noin 21 p-% kerätystä SER:stä (taulukko 3). Näihin luokkiin sisältyvät kuvaputkitelevisiot ja kuvaputkinäytöt sekä muuta kuluttajaelektroniikkaa ja teleteknisiä laitteita. Kuvaputkilaitteisiin (CRT-laitteet) kuuluvista tietokoneen näytöistä merkittävä osa on myyty yrityksille (United Nations University 2007). Halutessaan päästä romulaitteistaan eroon yritykset tilaavat useimmiten räätälöidyn kuljetus- ja käsittelypalvelun kahdenvälisellä sopimuksella suoraan käsittelevältä yritykseltä. Nämä romut eivät kulje virallisen SER-keräysjärjestelmän kautta eivätkä siten välttämättä näy Pirkanmaan tilastoissa kerätyissä eivätkä käsiteltyissä määrissä. Käsittelijöiden ei tarvitse ilmoittaa määriä Pirkanmaan ympäristökeskukselle, koska raportointivelvollinen on tietokoneiden näyttöjen tuottaja (Ala-

kerttula 2009). Käytännössä tuottaja ei aina pysty antamaan näitä tietoja, sillä laitteet kulkevat monen välikäden kautta ennen päätymistä kierrätykseen.

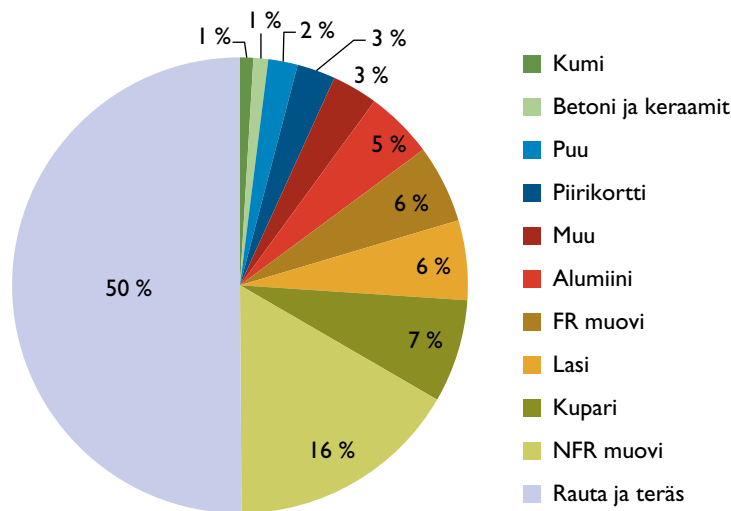
Pienimpiä ryhmiä kerättyjen massojen perusteella ovat pienet kodinkoneet, valaistuslaitteet, sähkö- ja elektroniikkatyökalut, lelut, vapaa-ajan ja urheiluvälineet, lääkinnälliset laitteet, tarkkailu- ja valvontalaitteet sekä automaattit. Nämä luokat muodostavat yhteensä vain noin 7 prosenttia kerätyistä romusta (taulukko 3).

Pirkanmaan ympäristökeskukselle raportoiduista tiedoista ei nähdä suoraan eri laiteluokkien tarkempaa koostumusta, kuten esimerkiksi kuvaputkellisten ja LCD-näytöllä varustettujen eli nestekidenäytöllisten televisioiden suhdetta. Laiteluokkien jakautuminen eri alaluokkiin (a–c, taulukko 3) arvioitiin käyttämällä hyväksi 11 EU-maasta koottua raporttia, jossa WEEE-direktiivin mukaiset luokat on jaettu edelleen pienempiin alaluokkiin (United Nations University 2007). On tosin vaikea sanoa, kuinka hyvin Suomessa kerätyn SER:n koostumus vastaa keskimääräistä EU-maiden koostumusta.

Taulukko 3. Suomessa kerättyjen sähkö- ja elektroniikkajätteiden määrät luokittain ja arvio jakaumasta alaluokkiin a–c.

Luokat WEEE-direktiivin mukaan	Kerätty määrä (t)	Osuus (m-%)
1 Suuret kodinkoneet*	24580	51
1A Suuret kodinkoneet		29
1B Kylmlaitteet		18
1C Suuret kodinkoneet (pienehköt laitteet)		4
2 Pienet kodinkoneet	1526	3
3 Tieto- ja tele tekniset laitteet*	10375	21
3A Tieto- ja tele tekniset laitteet (pl. CRT ja LCD)		10
3B Kuvaputkelliset (CRT) näytöt		11
3C Nestekidenäyttöiset (LCD) näytöt		0
4 Kuluttajaelektroniikka*	10050	21
4A Kuluttajaelektroniikka (pl. CRT ja LCD)		8
4B Kuvaputkelliset (CRT) TV:t		13
4C Litteällä näytöllä varustetut TV:t (LCD ym.)		0
5 Valaistuslaitteet	1149	2
5A Valaistuslaitteet	251	1
5B Lamput	898	2
6 Sähkö- ja elektroniikkatyökalut	433	1
7 Lelut, vapaa-ajan ja urheiluvälineet	22	0
8 Lääkinnälliset laitteet	23	0
9 Tarkkailu- ja valvontalaitteet	78	0
10 Automaattit	397	1
Yhteensä	48633	100

*Tähdellä merkityissä luokissa jakauman alaluokkiin on oletettu noudattavan 11 EU-maan keskimääräistä jakaumaa (Itävalta, Belgia, Tsekki, Viro, Suomi, Unkari, Irlanti, Alankomaat, Slovakia, Ruotsi, Iso-Britannia) (United Nations University 2007). Muut tiedot Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportista vuodelta 2007.



Kuva 4. Sähkö- ja elektroniikkaromun keskimääräinen koostumus (p-%) (Soveltaen United Nations University 2007)

4.4

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden koostumukset

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden materiaalikoostumus vaihtelee suuresti, mikä vaikeuttaa käsittelyä ja SER:n sisältämien materiaalien saamista hyötykäyttöön. Laiteryhmien välillä on suuria eroja koostumuksessa, sillä laitteet on suunniteltu mitä erilaisimpiin tarkoituksiin, ja niiden koko vaihtelee pienestä muistitikusta jääkaappiin. Yksittäiset laitteetkin ovat epähomogeenisia, koska niissä on käytetty lukuisia eri komponentteja ja materiaaleja.

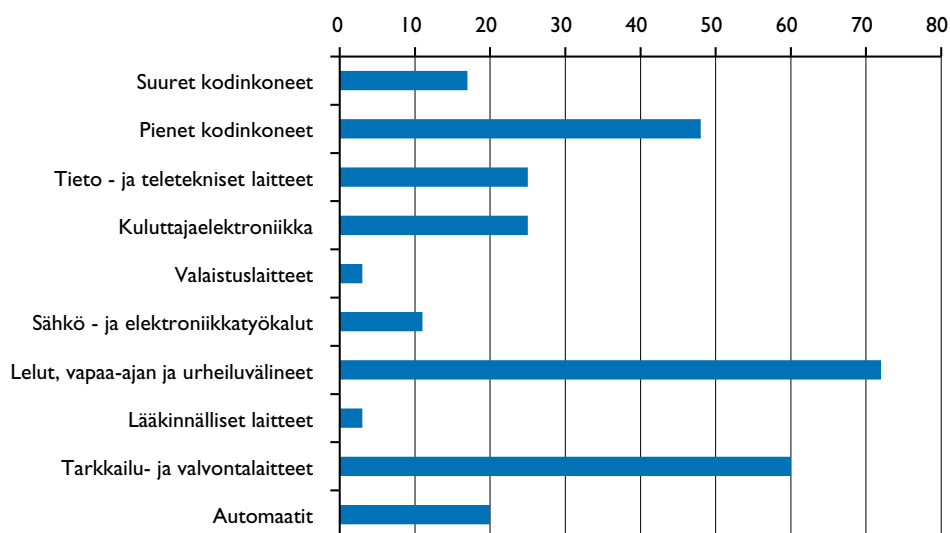
Kuva 4 havainnollistaa SER:n keskimääräistä koostumusta. Sähkö- ja elektroniikkaromun massasta keskimäärin yli puolet on erilaisia metalleja, pääasiassa rautaa, terästä, alumiinia ja kuparia (kuva 4). Yleisimmät sähkö- ja elektroniikkalaitteissa käytetyt muovit ovat akryylinitriilibutadienistyreeni (ABS), polykarbonaattimuovi (PC), edellisten seokset, iskunkestävä polystyreeni (HIPS) ja polyfenyleenioksidiseokset (PPO), mutta samalla muovipitoisuus voi vaihdella muutamasta prosentista yli 70 prosenttiin (kuva 5). Tekniikan kehittyessä laitteiden koostumukset muuttuvat nopeasti, ja samaankin käyttötarkoitukseen osoitetut laitteet voivat olla olennaisesti erilaisia ja näin ollen vaativat erilaisen käsittelyn. Hyvä esimerkki tästä on pöytätietokoneiden lyijypitoisten kuvaputkinäyttöjen väistyminen litteiden, elohopeaa sisältävien nestekidenäyttöjen ja vähitellen myös LED-näyttöjen tieltä muutamien vuosien aikana.

4.5

Suomessa kerätyn sähkö- ja elektroniikkaromun hyödyntäminen ja loppukäsittely

EU:n jätehierarkian mukaan ensisijaisesti on pyrittävä vähentämään sähkö- ja elektroniikkaromun syntyä. Toisena prioriteettina on syntyvän romun uudelleenkäyttö. Mikäli uudelleenkäyttö ei ole mahdollista, hyödynnetään romun sisältämät materiaalit ja sen jälkeen energiasisältö. Vasta viimeisenä vaihtoehtona on turvallinen loppukäsittely. (Ekokem 2008)

WEEE-direktiivissä on erikseen määritelty tavoitteet kerätyn romun hyödyntämiselle sekä uudelleenkäytölle ja kierrätykselle. Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportin mukaan sekä hyödyntämistavoitteet että uudelleenkäyttö- ja kierrätystavoitteet täyttyvät kaikissa luokissa lukuun ottamatta kuluttajaelektroniikkaa (luokka 4,



Kuva 5. SER-laiteluokkien keskimääräisiä muovipitoisuuksia (% koko laitteen massasta) (Soveltaen United Nations University 2007)

taulukko 4), jossa hyödyntämistavoitteesta jäädyään alle prosentilla (vrt. taulukko 4). Lähes kaikissa luokissa uudelleenkäyttö- ja kierrätystavoitteet ylittyvät reilusti. Hyödyntämistehokkuudessa on kuitenkin huomattavia eroja laiteryhmiä välillä, mikä johtuu etenkin laitteiden koostumuksista.

Kierrätyksen, hyödyntämisen ja energiana hyödyntämisen määritelmät eivät ole täysin yksiselitteisiä. Aina ei ole myöskään selvää, mihin kymmenestä luokasta tietty laite kuuluu: saattaa käydä niin, että romu kirjataan eri luokkiin kuuluvaksi keräys- ja käsittelyvaiheissa. Toimijat eivät yleensä kirjaa erikseen jokaista laitetta kuuluvaksi tiettyyn luokkaan, vaan luokittelu perustuu kuormasta otantaan. Näin ollen myös määrien mittaamistavoissa on luultavasti vaihtelua. Oman haasteensa raportointiin tuo se, että SER:n käsittelijät luokittelevat keräys- ja käsittelyvaiheissa romulaitteet käytännön syistä WEEE-direktiivistä poikkeavalla tavalla – tietojen synkronoinnissa saattaa näin ollen tapahtua virheitä.

Taulukko 4. SER:n hyötykäyttö Suomessa 2007 (Soveltaen Pirkanmaan ympäristökeskus 2009). Uudelleenkäytöllä tarkoitetaan käyttöä kokonaisena tai osina. Taulukko ei sisällä automaattien osuutta. Tiedot painoprosenteina.

Luokat WEEE-dir. mukaan	Kerätty määrä (t)	Osuus kerätyistä SER:stä (p-%)	Uudelleenkäyttö (p-%)	Materiaalina hyödynnetty (p-%)	Energiana hyödynnetty (p-%)	Varastoitu tai loppukäsittely (p-%)
1 Suuret kodinkoneet	24 580	51	0	86	5	9
2 Pienet kodinkoneet	1 526	3	1	68	4	28
3 Tieto- ja teletekniset laitteet	10 375	21	2	71	4	23
4 Kuluttajaelektroniikka	10 050	21	1	70	4	26
5a Valaistuslaitteet	251	1	2	83	3	13
5b Lamput	898	2	0	94	1	5
6 Sähkö- ja elektroniikkatyökalut	433	1	0	72	3	25
7 Lelut, vapaa-ajan ja urheiluvälineet	22	0	3	69	6	21
8 Lääkinnälliset laitteet	23	0	7	89	0	3
9 Tarkkailu- ja valvontalaitteet	78	0	2	61	9	28
Yhteensä	48 236	99	1	79	4	16

Uudelleenkäyttö

WEEE-direktiivin mukaan uudelleenkäyttö tarkoittaa kaikkia toimia, joissa SER:ua tai sen komponentteja käytetään samaan tarkoitukseen, johon ne on suunniteltu. Uudelleenkäyttö sisältää keräyspisteisiin, jakelijoille, kierrättäjille ja valmistajille palautettujen laitteiden tai niiden komponenttien jatkuvan käytön. Direktiivi pyrkii edistämään käytöstä poistettavien laitteiden uudelleenkäyttöä, mutta direktiivissä ei ole määritelty uudelleenkäytölle sitovia vaatimuksia. Uudelleenkäytön osuus hyötykäytöstä on hyvin pieni; vain alle prosentti kaikesta kerätyistä SER:stä käytetään uudelleen (taulukko 4, Alakerttula 2009). Uudelleenkäytön osuus on suurin lääkinnällisten laitteiden luokassa (7 p-%), ja lelujen, vapaa-ajan ja urheiluvälineiden luokassa (3 p-%). Myös tieto- ja teleteknisten laitteiden sekä tarkkailu- ja valvontalaitteiden osalta uudelleenkäyttöaste on yli 2 p-%. Sen sijaan suurten kodinkoneiden, pienten kodinkoneiden ja kuluttajaelektroniikan luokkien kerätyistä romusta uudelleenkäytetään vain noin 0,5 p-%. Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportista ilmenevät ainoastaan ne uudelleenkäytetyt romut, jotka kulkevat virallisen SER-keräysjärjestelmän kautta ja päätyvät sieltä uudelleenkäyttöön. Raportointijärjestelmään eivät siis kirjaudu esimerkiksi kirpputoreilta ostetut käytetyt kodinkoneet tai kaveripiirissä kiertävät kännykät, koska ne eivät ole vielä jätettä.

Uudelleenkäyttö voidaan varmistaa parhaiten erottamalla hyväkuntoiset, ehjät laitteet varsinaiseen käsittelyyn menevistä romuista mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Osassa keräyspisteistä on erillinen keräysväline uudelleenkäyttöön meneville laitteille. Tuottajayhteisöjen kanssa sopimuksen tehneet yritykset saavat noutaa keräyspisteistä näitä laitteita ja toimittaa niitä uudelleenkäyttöön. Laitteiden korjaaminen helpottuu, jos keräyspisteessä vastaanottava henkilö kysyy laitteen tuojalta, miksi tämä on halunnut päästä ilmeisesti toimivasta laitteesta eroon. Pienissä keräyspisteissä uudelleenkäyttöön soveltuvia laitteita ei erotella, vaan romun esikäsittelijät voivat ottaa uudelleenkäyttöön soveltuvat laitteet erilleen romulaitteista. Ehjänä keräykseen toimitetut laitteet voivat kuitenkin vioittua kuljetuksen aikana romulaitteiden seassa, joten laitteiden erittely uudelleenkäyttöön vasta esikäsittelyvaiheessa on yleensä jo liian myöhäistä. Ihmiset eivät myöskään halua ostaa kolhiintuneita laitteita. Jotkin esikäsittelijät voivat myös ottaa laitteista talteen ehjiä, uudelleenkäyttöön kelpaavia osia ja toimittaa ne eteenpäin.

Yksi uudelleenkäyttöön erikoistunut toimija Etelä-Suomessa on sosiaalinen työllistäjä Työ & Toiminta ry, joka tarjoaa SER:n uudelleenkäyttö- ja kierrätyspalveluiden kautta työtä vaikeasti työllistyville henkilöille. Yhdistys toimittaa uudelleenkäyttöön erityisesti ICT-laitteita, lämmittimiä ja valaistuslaitteita (Honkanen 2009). Uudelleenkäytettäviksi tarkoitettujen laitteiden toimivuus tarkastetaan, ja ne voidaan usein päivittää tai korjata. Jos laitetta ei voida kokonaisuudessaan käyttää, siitä voidaan irrottaa uudelleenkäyttöön kelpaavat komponentit. Tietoturvasta huolehditaan tyhjentämällä tietokoneiden kovalevyt. Laitteille myönnetään takuu, ja ne päätyvät myyntiin internetissä tai kierrätystavarataloissa (Honkanen 2009). Sähkö- ja elektroniikkalaitteita uudelleenkäyttöön korjaavien toimijoiden käsittelemistä laitteista kuitenkin yleensä alle 10 p-% päätyy varsinaiseen uudelleenkäyttöön, loput kierrätetään (Honkanen 2009).

Laitteiden uudelleenkäytöstä on vaihtelevia kokemuksia. Ainakin paikoitellen ja joidenkin laitteiden kohdalla on todettu, että laitteiden laajamittaisen uudelleenkäytön esteenä on se, että ihmiset eivät halua ostaa käytettyjä laitteita (Valkonen 2009). Uudelleenkäytön mahdollistaminen vaatii käsityötä ja on kallista toteuttaa. Monien laitteiden kohdalla uusien laitteiden hinnat ovat niin alhaiset, ettei käytetty laite ole hinnaltaankaan ratkaisevasti uutta edullisempi. Muutama vuosi sitten pääkaupunkiseudun keräyspisteissä tehostettiin uudelleenkäyttöön soveltuvien laitteiden

keräystä, mutta tällöin käytetyille laitteille ei ollut riittävästi kysyntää, joten kampanja lopetettiin (Valkonen 2009). Toisaalta tuoreet kokemukset kylmälaitteiden korjauksesta ja uudelleenkäytöstä viittaavat siihen, että kysyntä on suurempi kuin tarjonta (Kalliokoski 2009). Uudelleenkäytöllä voidaan pidentää laitteiden elinkaarta ja vähentää ympäristökuormaa. Koska myös uudelleenkäytetyistä laitteista tulee ennen pitkää romua, on tärkeää, että keräysjärjestelmä toimii, ja käsittely- ja hyödyntämisprosessit ovat mahdollisimman tehokkaita.

4.5.2

Materiaalihyödyntäminen

Materiaalihyödyntämistä varten romun sisältämät materiaalit otetaan talteen mahdollisimman tarkasti ja mahdollisimman puhtaina, jotta ne voitaisiin käyttää uudelleen raaka-aineina uusien tuotteiden valmistuksessa. Puhtaus- ja saantotavoitteet saattavat käytännössä tosin olla ristiriidassa, sillä usein esimerkiksi puhtausvaatimuksista joudutaan tinkimään talteenottoastetta nostettaessa (United Nations University 2007). Materiaalihyödyntämisen edellytyksenä on se, että syntyvälle uusiomateriaalille on kysyntää ja että kysyntä ja tarjonta kohtaavat. Se, pitääkö hyödyntämisprosesseissa panostaa enemmän määrään vai laatuun, määräytyy pitkälti kustannusten ja uusiomateriaalin ostajien tarpeiden mukaan. Materiaalihyödyntämistä ajatellen kyseessä on yleensä kompromissi, sillä kaikkia materiaaleja ei parhaallakaan tekniikalla voida saada talteen, ja useimmiten tietyt tekniikat sopivat vain tietynlaisen materiaali-jakeen erotteluun (United Nations University 2007). Tämä vuoksi onkin monesti valittava, halutaanko mieluummin saada mahdollisimman tarkasti talteen esimerkiksi metallit vai muovit.

Materiaalihyödyntämisen osuus riippuu olennaisesti laitteiden koostumuksista. Epähomogeenisuus hankaloittaa laitteiden käsittelyä ja materiaalien erottelua lisäten kustannuksia (Dalrymple ym. 2007) ja päästöjä energiankulutuksen kautta Perinteisesti tehokkaimmin materiaalina hyödynnetään niin sanottu valkoinen romu (kuten liedet, pesukoneet, kylmälaitteet), joka koostuu melko homogeenisista, paljon metallia sisältävistä laitteista. Esimerkiksi suurten kodinkoneiden luokan kierrätysaste nousee yli 85 %:n (taulukko 4). Myös kerätyistä lampuista, valaisimista ja lääkinällisistä laitteista hyödynnetään materiaalina yli 80 % (taulukko 4), tosin näiden luokkien osuus kaikesta kerätystä romusta on pieni.

Materiaalihyödyntämisen kannalta ongelmallista on heterogeeninen ja paljon eri muovilaatuja sisältävä niin sanottu ruskea romu, johon kuuluu mm. kuluttajaelektroniikkaa, leluja, vapaa-ajan ja urheiluvälineitä sekä tieto- ja teleteknisiä laitteita. Uusiomateriaaliksi sekalainen muovi sopii vain harvoin. Näiden tuotteiden materiaalihyödyntämistä hankaloittavat muovin lisäaineet, erityisesti halogeenit. (United Nations University 2007, Tohka ym. 2005). Paljon muovia sisältävissä laiteluokissa, kuten pienissä kodinkoneissa ja leluissa, vapaa-ajan ja urheilutarvikkeissa materiaalina hyödynnetään alle 70 % kerätystä romusta (taulukko 4).

4.5.3

Energiahyödyntäminen

Energian hyödyntämisellä tarkoitetaan palavien jätteiden käyttöä energian tuottamiseen polttamalla niitä suoraan muiden jätteiden kanssa tai erikseen siten, että lämpö hyödynnetään. Energiahyödyntämistä sovelletaan orgaaniselle ainekselle, yleensä muoveille. Muovien energiakäyttöä rajoittavat muovien sisältämät lisäaineet, jotka voivat muodostaa vaarallisia yhdisteitä palaessaan. Energiakäytön osuus ylittää 5 p-% ainoastaan tarkkailu- ja valvontalaitteiden sekä lelujen, vapaa-ajan ja urheiluvälineiden luokissa (taulukko 4). Kerätyn massan suhteen suurimmissa luokissa 1–4 ener-

giakäytön osuus on noin 3–5 painoprosenttia ja kaikesta kerätystä romusta energiana hyödynnetään hieman yli 4 p-% (taulukko 4).

4.5.4

Loppukäsittely

Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportista vuodelta 2007 ei saada suoraan selville loppukäsitteltävän romun määrää, sillä raportointitiedoissa ei ilmoiteta varastossa olevan romun määrää. Taulukkoa 4 koottaessa on oletettu, että loppukäsitteltävän tai varastossa olevan romun määrä on erotus, joka saadaan kun kerätyn romun määrästä vähennetään hyödynnetyn ja uudelleenkäytetyn romun määrät. Varastoitu romu saattaa myöhemmin päätyä hyödynnettäväksi tai uudelleenkäyttöön. Uudemmissa raporteissa tuottajien on ilmoitettava tarkemmin sekä loppukäsittellyt että varastossa olevat määrät.

Loppukäsittely voi olla hävityspolttoa, jota sovelletaan vaarallisille orgaanisille aineille, kuten CFC-yhdisteille. Yleisin loppukäsittelymenetelmä on kuitenkin loppusijoittaminen kaatopaikalle, ja loppukäsittelyn osuus on suurin paljon muovia sisältävissä luokissa. Sekalainen muovijae on tähän asti usein sijoitettu kaatopaikalle, mutta öljyn hinnan nousu on kannustanut myös SER-alan toimijoita kehittämään uusia käsittely- ja hyödyntämistekniikoita muoveillekin (United Nations University 2007). Tieto- ja teleteknisten laitteiden ja kuluttajaelektroniikan osalta yli 20 % ei ilmoiteta hyödynnetyksi, vaan tämä osuus on varastoitu tai loppukäsittely (taulukko 4). Tehokkaimmin hyödynnetään lamput, lääkinnälliset laitteet ja suuret kodinkoneet (yli 90 %). Kaikesta kerätystä romusta on varastoitu tai loppusijoitettu tilaston mukaan yli 15 p-%.

4.6

Sähkö- ja elektroniikkaromun piilovirrat

Sähkö- ja elektroniikkaromua syntyy enemmän kuin sitä kerätään virallisen keräysjärjestelmän kautta, sillä arvioitu romun kertymä (yli 11 kg/hlö/a) on suurempi kuin kerätyn romun määrä (9 kg/hlö/a). Osa romusta kulkeutuu virallisen keräysjärjestelmän ohi edellä kuvattuja reittejä pitkin asianmukaiseen käsittelyyn, vaikka määrät eivät Pirkanmaan ympäristökeskukselle raportoidukaan. Osa romusta jää keräämättä, eikä kaikki poistettavaksi arvioitu romu poistu arvioidulla nopeudella käytöstä – arviohan on teoreettinen laskelma. Keräyksen tehokkuus saattaa vaihdella huomattavasti eri laitteiden välillä muun muassa sen mukaan, kuinka helppoa vanhasta laitteesta on päästä eroon, ja kuinka tietoisia ihmiset ovat siitä, että kyseinen laite kuuluu erilliskeräykseen.

Sekajätteeseen päätyvä sähkö- ja elektroniikkaromu sisältää pääasiassa pieniä laitteita (United Nations University 2007, Valkonen 2009). Arviot sekajätteen sisältämästä sähkö- ja elektroniikkaromusta vaihtelevat 0,7 ja 5 p-% välillä (Myllymaa 2009). Suomessa sekajätteeseen päätyy jätelaitosten laatimien sekajätteen lajittelututkimusten perusteella vuosittain noin 6100 t SER:a, mikä vastaa noin 1,2 kg romua vuodessa asukasta kohti (Myllymaa 2009). Kerätyn romun (9 kg/hlö/v) ja sekajätteeseen joutuvan romun (noin 1 kg/hlö/v) yhteenlasketun määrän jälkeen tietymättömillä teillä on 1–10 kg/hlö vuosittain syntyvää romua, riippuen käyttäkö romun kertymänä kansallista vai EU-tason arviota.

Sekajätteeseen päätyvä SER-jätteen määrä tuntuu prosenttiosuuksina vähäiseltä, mutta kokonaismäärä on huomattavasti suurempi kuin seitsemän massaltaan pienimmän laiteryhmän kerätyt määrät yhteensä. Loisteputkia ja pienloistelampuja saattaa joutua sekajätteeseen kappalemääräisesti paljon etenkin, jos ongelmajätteen

keräyspistettä ei ole lähistöllä. Myös lelut, pienet kodinkoneet ja esimerkiksi matkara-
diot saattavat päätyä sekajätteeseen yksinkertaisesti sen takia, että niitä ei tunnisteta
haitalliseksi jätteeksi, joka vaatii erilliskeräyksen. Toisaalta suurten laitteiden osalta
keräysjärjestelmä toimii ilmeisen hyvin, sillä laittomat SER:n kaatopaikat ovat käy-
tännössä hävinneet: teiden vierustoilla ei enää näy esimerkiksi vanhoja jääkaappeja
(Valkonen 2009).

Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportista käy ilmi, että 95 % Suomessa kerätystä
sähkö- ja elektroniikkaromusta käsitellään Suomessa jollain tavalla (taulukko 5). Kä-
sittelyn määritelmä on seurantatietoja ilmoittavien toimijoiden ja tuottajayhteisöjen
kannalta hieman epämääräinen: osa ilmoittaa käsittelyksi pelkän esikäsitteilyn, toiset
taas sisällyttävät siihen jatkokäsittelyvaiheet ja mahdollisen loppukäsittelynsä (Syrjä
2009). Näin ollen raportista ei selviä, kuinka suuri osuus käsittelyprosesseista todella
tapahtuu Suomessa, tai miten romu Suomessa käsitellään. Epäselvyyksien välttämä-
iseksi raportointiohjeita tarkennetaan uudemmissa raporteissa (Alakerttula 2009).
Oletettavasti 95 p-% Suomessa kerätystä romusta ainakin esikäsitellään Suomessa.
Ilmeisesti siis ne romut, jotka eivät kirjaudu Suomessa käsiteltäviksi, viedään ulko-
maille käytännössä ilman käsittelyä. Suurten kodinkoneiden ja lamppujen luokissa
vain yhtä prosenttia kerätystä romusta ei käsitellä Suomessa millään tavalla. Massal-
taan merkittävässä luokissa 3 ja 4 vastaava luku on 10 % (taulukko 5).

Raportointitietojen perusteella sähkö- ja elektroniikkaromun kerätty määrä on
automaatteja lukuun ottamatta kaikissa laiteluokissa suurempi kuin käsitellyksi il-
moitetun SER:n määrä. Tämä johtuu siitä, että kaikkea kerättyä SER:ä ei välttämättä
käsitellä raportointivuonna, vaan se jää varastoon. Vuoden 2007 jälkeen kootuissa
raporteissa kerättyjen määrien pitäisi olla yhtä suuret kuin varastossa olevien, uudel-
leenkäytettyjen ja käsiteltyjen SER:n yhteenlaskettujen määrien. Romua ei siis pitäisi
vuotaa keräysjärjestelmästä. (Alakerttula 2009)

SER-raportointikäytäntöjen avulla pyritään estämään sähkö- ja elektroniikkaro-
mun päätyminen kehittyviin maihin, joissa kierrätysmenetelmät ovat hyvin alkeel-
lisia ja jätteenkäsittely voi aiheuttaa vakavia terveydellisiä ja ympäristöongelmia.
Greenpeacen raportissa arvioidaan, että EU:n alueella kerätystä SER:stä vain 25 %
käsitellään asianmukaisesti – loput katoavat jäljettömiin (Honkonen & Tuurala 2009).
Pirkanmaan ympäristökeskuksen ylitarkastaja Johanna Alakerttulan mukaan on vai-
kea arvioida, kuinka paljon romua viedään Suomesta laittomasti ulkomaille, ja mistä
romua vuotaa.

Taulukko 5. Suomessa kerätty SER, jota käsitellään ja/tai hyödynnetään Suomessa jollakin tavalla.

Laiteluokka	Käsitelty Suomessa (p-% kerätystä romusta)
1 Suuret kodinkoneet	99
2 Pienet kodinkoneet	94
3 Tieto- ja teletekniset laitteet	90
4 Kuluttajaelektroniikka	90
5 Valaistuslaitteet	97
5a Lamput lukuun ottamatta hehkulankalamppuja	100
6 Sähkö- ja elektroniikkatyökalut	96
7 Lelut, vapaa-ajan- ja urheiluvälineet	95
8 Terveystieteiden laitteet ja tarvikkeet	82
9 Tarkkailu- ja valvontalaitteet	69
Yhteensä	95

5 SER:n keräyksen ja käsittelyn vaiheet

5.1

Yleistä

Sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollon järjestäminen tehokkaasti vaatii useiden toimintojen yhteensovittamista. Keräyksen, kuljetuksen ja käsittelyn järjestäjien yhteistyön on toimittava, jotta romu saadaan kierrätettyä parhaalla mahdollisella tavalla. Tärkeä tehtävä on myös romusta kierrätysprosessien kautta saatavien materiaalien myyjillä, sekä asianmukaisesta loppukäsittelystä huolehtivilla tahoilla.

Sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätys on melko uusi ala, eivätkä parhaat käytännöt ole vielä kaikilta osin ehtineet muodostua. Joitakin BAT-ohjeita (BAT = Best available technology, paras käytettävissä oleva teknologia) on laadittu, kuten Ison-Britannian ohje parhaista käsittely-, kierrätys- ja hyödyntämistekniikoista SER:n käsittelyssä (Defra 2006). Metallien erottelun ja prosessoinnin suhteen tekniikoita on voitu lainata kaivos- ja metalliteollisuudesta, mutta muovien käsittelyssä ei ole vastaavanlaisia pitkiä perinteitä (Dalrymple ym. 2007). Laitteiden muuttuminen tekniikan kehittyessä asettaa omat haasteensa SER:n prosessoinnille.

WEEE-direktiivin mukaisesti tuottajien on rahoitettava SER:n asianmukainen jätehuolto. Käytännössä kustannukset ovat siirtyneet uusien laitteiden hintoihin: kierrätysmaksut vaihtelevat tuottajayhteisöittäin ja laitetyypeittäin alle eurosta noin 20 euroon (Serty 2009b). Suomessa maksu määräytyy laitteen massan perusteella. Elektroniikkatuotteissa se on noin 0,6 euroa kilolta (Helena Castrén 2005 Digitodayn 2005 mukaan).

Käytäntö on osoittanut, että direktiivin mukaisella, laitteiden käyttötarkoituksiin perustuvalla luokituksella ei ole juurikaan merkitystä sähkö- ja elektroniikkaromun jätehuollon järjestämisessä. Sähkö- ja elektroniikkaromun keräyksestä ja käsittelystä vastaavat tahot pitävät mielekkäämpänä SER:n jakamista käsittelytavan mukaan viiteen tai kuuteen luokkaan (Syrjä 2009, Hämäläinen 2009). Luokkien sisällä laitteiden läpikäymät käsittelyvaiheet ovat samankaltaisia. Vastaavanlainen luokittelu on yleinen käytäntö SER-jätehuoltoalalla myös muualla Euroopassa (Dalrymple ym. 2007, United Nations University 2007). Jako on seuraava:

- Kylmälaitteet,
- Isot kodinkoneet,
- Kuvaputkilaitteet,
- Loisteputkilamput ja
- Muu SER.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden jako kymmenluokkaisesta luokituksesta viisiluokkaiseen on esitetty taulukossa 6. Tiedot on järjestelty uudelleen taulukossa 3 esitetyn, yksityiskohtaisemman a–c-alaluokituksen (United Nations University 2007) pohjalta.

SER:n käsittelyn tarkoituksena on tehdä romusta vaaratonta ja mahdollistaa sen sisältämien komponenttien ja materiaalien hyödyntäminen tai loppusijoitus (VnA852/2004).

Taulukko 6. Kerätyn sähkö- ja elektroniikkaromun luokittelu viiteen pääluokkaan. Luokat on uudelleenjärjestelty taulukossa 5 esitetyn alaluokituksen avulla (Soveltaen United Nations University 2007).

Luokat käsittelytavan mukaan	Osuus kerätystä romusta (p-%)*
I Kylmälaitteet	18
IB Kylmälaitteet	18
II Suuret kodinkoneet	29
IA Suuret kodinkoneet	29
I0 Automaatit	1
III CRT-laitteet	24
3B Kuvaputkelliset (CRT) näytöt	11
4B Kuvaputkelliset (CRT) TV:t	13
IV Muu SER	27
4C Litteällä näytöllä varustetut TV:t (LCD ym.)	0
3C Nestekidenäyttöiset (LCD) näytöt	0
IC Suuret kodinkoneet (pienehköt laitteet)	4
2 Pienet kodinkoneet	3
3A Tieto- ja teletekniset laitteet (pl. CRT ja LCD)	10
4A Kuluttajaelektroniikka (pl. CRT)	8
5A Valaistuslaitteet	1
6 Sähkö- ja elektroniikkatyökalut	1
7 Lelut, vapaa-ajan ja urheiluvälineet	0
8 Lääkinnälliset laitteet	0
9 Tarkkailu- ja valvontalaitteet	0
V Loistelamput	2
5B Lamput	2
Yhteensä	100

* jakauma alaluokkiin perustuu taulukkoon 5.

Taulukko 7. SER-luokkien erikoiskäsittelyn tarve (Soveltaen Chancerel ym. 2009)

Luokat käsittelytavan mukaan	Erikoiskäsittelyn tarve ja syy sille
I Kylmälaitteet	Kyllä
	Jäähdytysaineet, kompressorioilyt, ulkopuoliset kaapelit, elohopeakytkimet (arkkupakastimissa)
II Suuret kodinkoneet	Ei juurikaan
	Ulkopuoliset kaapelit, piirilevyt >10 cm ²
III CRT-laitteet	Kyllä
	Lyijypitoinen lasi, piirilevyt >10 cm ² , ulkopuoliset kaapelit
IV Muu SER	Kyllä
	Paristot, ulkopuoliset kaapelit, väriaineet, nestekidenäytöt >100 cm ² , piirilevyt > 10 cm ²
V Loistelamput	Kyllä
	Elohopea

Käsittely voidaan jakaa esi- ja jatkokäsittelyvaiheisiin, hyödyntämiseen ja loppukäsittelyyn. WEEE-direktiivi määrittelee ongelmalliset komponentit ja aineet, jotka on poistettava romulaitteista ja käsiteltävä asianmukaisesti (ks. Luku 3.3). Osa komponenteista on helposti erotettavissa laitteista (esim. paristot), kun taas toisten tunnistaminen ja poistaminen on hankalaa (esim. bromatut palonestoaineet) (taulukko 7). Taulukko 8 havainnollistaa ongelmakomponenttien aiheuttamaa erikoiskäsittelyn tarvetta eri SER-luokissa.

Taulukko 8. Sähkö- ja elektroniikkaromun poistettavien, ongelmallisten komponenttien haastellisuus hyötykäytön kannalta (Soveltaen Chancerel ym. 2009).

Helposti poistettavat komponentit
paristot
ulkopuoliset sähkökaapelit
väriainekasetit sekä nestemäiset ja tahnamaiset väriaineet
kaasupurkauslamput
Komponentit ja aineet, joita ei voida poistaa ilman erityistä käsittelyä
piirilevyt, jotka ovat suurempia kuin 10 cm ²
yli 100 cm ² kokoiset nestekidenäytöt (sekä tarvittaessa niiden kotelot) ja kaikki näytöt, joiden taustavalona on kaasupurkauslamppu
katodisädeputket
täysin halogenoidut kloorifluorihiilivedyt (CFC), osittain halogenoidut kloorifluorihiilivedyt (HCFC) tai fluorihiilivedyt (HFC), hiilivedyt (HC)
Komponentit ja aineet, jotka on vaikea havaita ja joita ei voida poistaa ilman perusteellista käsittelyä
bromattuja palonestoaineita sisältävät muovit
elohopeaa sisältävät jätteenkomponentit, kuten katkaisimet ja taustavalolamput
asbestijätteet ja asbestia sisältävät komponentit
vaarallisten aineiden luettelosta annetussa liitteessä (sos ja tm asetus 624/2001) tarkoitetut tulenkestäviä keraamisia kuituja sisältävät komponentit
radioaktiivisia aineita sisältävät komponentit
vaarallisia aineita sisältävät elektrolyyttikondensaattorit (korkeus > 25 mm, halkaisija > 25)
polykloorattuja bifenyylejä (PCB) sisältävät kondensaattorit

5.2

Keräys ja kuljetus

WEEE-direktiivin mukaisesti SER kerätään erillään, ja SE-laitteen yksityinen käyttäjä saa viedä romun maksutta mihin tahansa keräyspisteeseen. Suomessa SER:n keräys on järjestetty kiinteiden keräyspisteiden ja liikkuvien keräysautojen avulla. Kaikki keräyspisteet ottavat vastaan SER-romuja laitetypistä riippumatta (Valkonen 2009). Myös sähkö- ja elektroniikkalaitteiden myyjällä tai muulla jakelijalla on velvollisuus ottaa vastaan vanha laite uuden laitteen ostajalta. Toissijaisena vaihtoehtona myyjä voi osoittaa lähimmän keräyspisteen esimerkiksi silloin, jos kauppakeskuksessa on käytössä yksi, useamman kauppiaan yhteinen vastaanottopaikka. Ongelmajätteisiin kuuluvia energiansäästölamppuja (pienloistelamput) voi palauttaa myös kuntien järjestämiin noin 450 kiinteään kotitalouksien ongelmajätteiden vastaanottopisteeseen (Lehtomäki ym. 2009).

Yritykset saavat jättää yleisiin keräyspisteeseen kerrallaan enintään kolme laitetta. Sopimuksen mukaan määrä voi olla suurempikin (Valkonen 2009). Suurille romuerille yritykset kuitenkin useimmiten tilaavat räätälöidyn kuljetus- ja käsittelypalvelun kahdenvälisellä sopimuksella suoraan käsittelevältä yritykseltä. Nämä romut eivät kulje virallisen SER-keräysjärjestelmän kautta, mutta päätyvät samoihin prosesseihin käsiteltäviksi kuin kuluttajakeräyspisteiden romut.

Suomessa keräysjärjestelmää alettiin perustaa konttien varaan 2000-luvun alussa. Tuottajayhteisön on järjestettävä keräys jokaisen kunnan alueella, ja kiinteitä keräyspisteitä on oltava vähintään 340 kappaletta vähintään 235 kunnan alueella (Valkonen 2009, Jätelaki). Käytännössä tuottajayhteisöt hallinnoivat osaa keräyspisteistä yhdessä, ja Suomessa onkin keräyspisteitä yhteensä 494. Varsinaisissa keräyspisteissä on yleensä kolmesta neljään konttia, joihin SER lajitellaan. Täydennyskeräyspisteissä on vain yksi kontti sekalaiselle SER:lle. Osa keräyksistä järjestetään myös häkkikuljetuksina tuottajayhteisöstä ja kuljetusyrityksestä riippuen. Keräyspisteverkostoa luotaessa on pyritty hyödyntämään kuntien jo olemassa olevaa jätehuoltoyhteistyötä, ja keräyspisteet on mahdollisuuksien mukaan sijoitettu paikkoihin, joihin ihmiset ovat jo entuudestaan tottuneet viemään jätteitä kierrätettäviksi (Valkonen 2009).

Keräyspisteessä SER voidaan lajitella jakeisiin eri tavoin riippuen tuottajayhteisöstä ja kuljetusyhtiöstä. Lajittelu pyritään tekemään vastaanottavan esikäsittelylaitoksen tarpeiden mukaan. Eri jätettä sisältävät kontit tai häkit on merkitty, ja lajittelun onnistuminen riippuu pitkälti laitteita tuovien ihmisten viitseliäisyydestä. Keräyspisteet ovat miehitettyjä (Hämäläinen 2009). Samantyyppisen käsittelyn vaativat romut pyritään yleensä lajittelemaan samaan keräysvälineeseen. Esimerkiksi ERP:n käyttämä perusjako on seuraavanlainen (Hämäläinen 2009):

- kylmälaitteet
- metalli-SER
- loistelamput
- pien-SER

Metalli-SER sisältää pääasiassa suuria kodinkoneita, joille on ominaista suuri metallipitoisuus. Tähän jakeeseen voidaan keräyspisteessä sisällyttää myös pienempiä metallipitoisia laitteita, jotka eivät sisällä vaarallisia aineita (esim. porakoneet) eivätkä vaadi erityistä esikäsittelyä (Hämäläinen 2009). Pien-SER-jae voidaan mahdollisesti jakaa edelleen eritellympiin ryhmiin; monesti pyritään televisiot ja tietokoneiden näytöt jo keräyspisteissä saamaan lajiteltua erilleen muusta romusta, jotta kuvaputkilaitteiden käsittely olisi mahdollisimman yksinkertaista.

Hieman erityyppinen jako on Sertyllä (Valkonen 2009):

- TV:t ja kuluttajaelektroniikka
- kylmälaitteet
- metalli-SERICT ja lamput

Kuljetusten koordinoinnista vastaavat useimmiten jätteitä käsittelevät yritykset, ja ne laskuttavat kustannukset tuottajayhteisöiltä. Kuljetuspalvelut ovat ostettuja, eikä kuljetukseen käytettävä kalusto ole yleensä käsittelijöiden omaisuutta (Syrjä 2009). Kuljetuskustannukset ovat suuri menoerä tuottajayhteisöille, ja siksi kuljetukset onkin pyritty optimoimaan mahdollisimman tehokkaasti. Käytännössä kuljetuskustannukset määräävät, miltä alueelta romut kerätään mihinkin käsittelylaitokseen. Esikäsittely pyritään tekemään mahdollisimman lähellä keräyspaikkaa, ja keskimääräisen kuljetusmatkan keräyspisteistä esikäsittelyyn on arvioitu olevan noin 145–150 km (Hämäläinen 2009, Vattulainen 2009). Kuljetusmatkat pyritään minimoimaan, kuormakoot optimoidaan, ja kontit haetaan täysinä aina kun mahdollista (Hämäläinen 2009, Valkonen 2009).

Monet SER:n käsittelijät arvioivat konttikuljetukset täysperävaunun yhdistelmällä kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi: yhteen rekkaan mahtuu kolme 20 jalan merikonttia, ja jokaiseen konttiin 4–5 t romua (Hämäläinen 2009). Toisaalta konttia

paljon pienempiä häkkeitä käytettäessä romut saadaan mahdollisesti lajiteltua tarkemmin jo keräyspisteissä. Kontin keskipainoksi on arvioitu 2,6–2,8 tonnia (Hämäläinen 2009). Kevyimpiä kontteja ovat kylmälaitekontit, ja painavimpia pien-SER:n sekä erityisesti suurten kodinkoneiden kontit, mutta keräysvälineiden massa kuormineen riippuu huomattavasti siitä, kuinka hyvin ne pakataan keräyspisteissä. Täyttää konttia haettaessa tilalle jätetään tyhjä vaihtolavakontti. Häkin keskipaino on noin 400 kg (Honkanen 2009), mutta massat voivat vaihdella huomattavasti. Myös häkkikuljetuksia tehdään täysperävaunukuljetuksina, jolloin kuormaan mahtuu 20–85 häkkiä riippuen häkkien koosta (Syrjä 2009). Pienemmillä autoilla kuljetetaan keskimäärin 10 häkkiä kerrallaan (Hämäläinen 2009).

SER-jakeiden keräyksessä voidaan käyttää myös poikkeavaa keräys- ja kuljetuskalustoa: esimerkiksi Ekokemille käsiteltäviksi menevät loisteputket pyritään keräämään erityisiin muovilaatikoihin, jotka voidaan tyhjinä pakata kätevästi pienempään tilaan. (Itänen 2009). Laitteet pyritään kuljettamaan ehjinä, jotta ne olisivat turvallisia käsitellä eivätkä esimerkiksi kylmälaitteiden jäähdytysaineet tai öljyt pääse karkaamaan ympäristöön. Samasta syystä keräyspisteeseenkään ei saa jättää muita kuin kokonaisia laitteita.

Käytännössä kaikkia kuljetuksia ei kuitenkaan pystytä järjestämään ihanteellisimmalla tavalla (Syrjä 2009): etenkin suurimmissa kaupungeissa kaikkiin keräyspisteisiin ei voida sijoittaa keräyksen ja lajittelun kannalta optimaalista kalustoa tilanpuutteen ja hankalien kuljetusjärjestelyjen vuoksi. Pienissä kunnissa taas ei kannata sijoittaa kaikkiin keräyspisteisiin enempää kuin yksi kontti syntyvän SER-määrän pienuuden vuoksi. Romun keräykseen liittyviä haasteita on myös kauppaliikkeillä, jotka vastaanottavat asiakkaalta vanhan laitteen vaihdossa. Kaikki liikkeet eivät voi ottaa montaa romulaitetta kerrallaan säilytykseen. Näissä tilanteissa kuljetukset pyritään hoitamaan pienemmillä autoilla keräyskierroksella, jonka jälkeen näistä alikeräyspisteistä haetut romut kootaan suuremmiksi materiaalivirroiksi erillisessä logistiikkakeskuksessa tai muissa keräyspisteissä. Esikäsitteilyyn kuljetetaan siten kerrallaan mahdollisimman suuria eriä (Valkonen 2009). Kunnallisista kuluttajakeräyspisteistä ja vastaanottoasemilta voidaan saada täysiä kontteja kuljetettaviksi (Syrjä 2009).

Osa pienistä SER:n käsittelijöistä tarjoaa yksittäistenkin sähkö- ja elektroniikkaromulaitteiden noutopalvelua pientä korvausta vastaan. Useimmiten asiakas ei kuitenkaan pyydä noutoa vain yhdelle laitteelle, vaan tarkoituksena on päästä eroon monista muistakin tavaroista. Noutopalveluita tarvitaan esimerkiksi kuolinpesien tyhjennyksessä, jolloin keräysauton kyytiin lastataan sähkö- ja elektroniikkalaitteiden lisäksi myös esimerkiksi huonekaluja. Nämäkin kuljetukset pyritään järjestämään keräyskierroksella, jolloin turhaa ajoa ei synny. Tämänkaltaisiin palveluihin erikoistuneiden yritysten ja yhdistysten kuljetuskalusto on luonnollisesti täysperävaunurekkoja pienempää, kiertävään keräilyyn paremmin soveltuvaa kalustoa (Honkanen 2009).

5.3

Esikäsitteily

Keräyspisteistä sähkö- ja elektroniikkaromut kuljetetaan esikäsiteltäviksi, minkä jälkeen hyödynnettäviksi meneviä jakeita on edelleen jatkokäsiteltävä. Suomessa laitteita esikäsitteleviä tahoja on enemmän kuin tahoja, jotka pystyvät vastaamaan myös SER:n jatkoprosessoinnista. Toiminnan tehostamiseksi esikäsitteily ja jatkoprosessit pyritään nykyään tekemään useimmiten samassa laitoksessa (Itänen 2009). Tämä vähentää myös kuljetusten tarvetta. Esikäsitteily on kallein ja työläin vaihe SER:n prosessoinnissa, sillä se tehdään manuaalisesti (Vattulainen 2009, Tohka ym 2005, United Nations University 2007, Dalrymple ym. 2007). Tutkimustyötä esikäsitteilyn automatisoinniksi tehdään, mutta tähän mennessä automaatio ei ole korvannut

käsityötä (Tohka ym. 2005). Esikäsittelyn automatisointi merkitsee todennäköisesti energiankulutuksen lisääntymistä – nyt suurin osa esikäsittelyn energiankulutuksesta koostuu tilojen lämmittämisestä ja valaistuksesta sekä pienten käsityökalujen sähkönkäytöstä. Automatisoinnista puhuttaessa ei voida sivuuttaa sosiaalisia vaikutuksia, sillä esikäsittely työllistää ihmisiä mm. sosiaalisista yrityksistä. Toisaalta haitallisille aineille altistuminen esikäsittelyvaiheessa voi olla työntekijöiden terveydelle vaarallista (Tohka ym. 2005).

Esikäsittelyvaiheen tarkoituksena on mahdollistaa romun mekaaninen prosessointi (Dalrymple 2007). Käsittelyyn tulevan romun tasalaatuisuudesta riippuen keräyskonteissa tai –häkeissä olevat laitteet pitää useimmiten lajitella käsittelylaitoksessa edelleen jakeiksi, jotka voidaan prosessoida yhdessä. Etenkin sekalaisia pienehköjä laitteita sisältävä jae (muu-SER) vaatii lajittelua (Vattulainen 2009).

Esikäsittelyvaiheessa SER:stä otetaan yleensä talteen uudelleenkäyttöön menevät komponentit ja erilliseen käsittelyyn menevät osat, kuten ongelmalliset tai arvokkaat komponentit (Vattulainen 2009). Laitteet puretaan, ja komponentit tai materiaalit lajitellaan omiin luokkiinsa sen mukaan, millaisen jatkokäsittelyn ne tarvitsevat. WEEE-direktiivissä määritellään osat, jotka on poistettava laitteista (ks. Luku 3.3). Lähes kaikki SE-laitteet sisältävät jotain näistä osista, joten romut on yleisesti ottaen esikäsiteltävä, ja sen jälkeen ongelmalliset komponentit erikoiskäsiteltävä (taulukko 9). Esikäsittelyn jälkeen laite on purettu jatkokäsittelyn edellyttämällä tavalla sopiviksi jakeiksi. Esikäsittelytapa voi olla osittainen purkaminen, jolloin laitteesta irrotetaan tietyt komponentit, tai täydellinen purkaminen, jolloin laite puretaan täysin osiin. Vastaavasti puhutaan säästävistä purkamisesta (non-destructive disassembly), kun laitteesta irrotetaan tietyt osat uudelleenkäyttöä varten. Tuhoavassa purkamisessa taas komponentit pyritään saamaan irti materiaalityypeittäin (Tohka ym. 2005, Dalrymple ym. 2007).

5.4

Jatkokäsittely

Jatkokäsittely koostuu useista osaprosesseista, joiden tarkoituksena on saada talteen mahdollisimman paljon hyödyntämiskelpoisia materiaaleja mahdollisimman puhtaina (United Nations University 2007). Jatkokäsittely on yleensä mekaanista prosessointia, jossa jakeiden kokoa pienennetään, materiaaleja luokitellaan ja erotetaan toisistaan, ja mahdollisesti lämpökäsitellään paremman talteenottoasteen takaamiseksi (Tohka ym. 2007, Dalrymple ym. 2007). Mekaanisen käsittelyn lisäksi vaihtoehtoina ovat mm. röntgenerottelu, upotus-kellutus ja aineiden sähkönjohtavuuteen perustuva pyörrevirtaerottelu.

Murskaus

Murskausvaiheessa romun partikkelikokoa pienennetään, sillä tarkoituksena on irrottaa pääkomponentit tai materiaalit toisistaan ja muodostaa sopivan kokoisia jakeita jatkoprosesseihin eroteltavaksi. Prosessi kuluttaa energiaa, mutta on oleellinen sen kannalta, kuinka hyvin materiaalit saadaan myöhemmissä prosesseissa talteen. (Tohka ym. 2005)

Mekaaninen erottelu

Mekaaninen erottelu perustuu materiaalien erilaisiin fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, kuten kokoon, muotoon, tiheyteen, magneettisiin ominaisuuksiin, sähkönjohtavuuteen tai optisiin ominaisuuksiin. (Tohka ym. 2005, Dalrymple ym. 2007)

Muu käsittely

Hydrometallurgisilla käsittelymenetelmillä saadaan esimerkiksi kulta erotettua muista jakeista. Hydrometallurgisten menetelmien ongelmia ovat usein myrkyllisten kemikaalien käyttö ja syntyneen jäteveden puhdistus (Mishra 2002 Dalrymple ym. 2007 mukaan). Pyrometallurgisilla menetelmillä voidaan parantaa haluttujen epäorgaanisten aineiden talteenottoa, kun orgaaniset aineet on saatu poltettua tai muutettua muuksi tuotteeksi. Tarkoituksena on useimmiten kuitenkin materiaalien energiasisällön hyödyntäminen eli energiakäyttö (ks. Luku 4.5.3). Käsittely tapahtuu tyypillisesti 700 ja 1100 asteen lämpötilassa. Yleisimpiä pyrometallurgisia käsittelytapoja ovat poltto, kaasutus, pyrolyysi ja näiden yhdistelmät (hybridiprosessit). (Tohka 2005)

5.5

Hyödyntäminen

Energiahyödyntäminen

Energiahyödyntämisessä otetaan talteen materiaalien, kuten muovien energiasisältö. Jätteiden energiahyödyntämistä säädellään Valtioneuvoston asetuksella jätteen polttamisesta (362/2003), joka asettaa rajat päästöille ja vaatimukset niiden valvonalle. Yleisiä pyrometallurgisiin menetelmiin liittyviä ongelmia ovat liiallinen ja hallitsematon savun muodostus, dioksiinien ja furaanien muodostuminen, metallien hapettuminen ja muuttuminen vaikeammin hyödynnettävään muotoon, sekä halogeenipitoisten myrkyllisten yhdisteiden muodostuminen. (Tohka 2005)

Materiaalihyödyntäminen

Käsittelyprosessien avulla romusta erotellut materiaalit soveltuvat usein käytettäväiksi uusiomateriaaleina, jolloin ne voivat korvata neitseellisten raaka-aineiden käyttöä. Tällaisia materiaaleja ovat erilaiset metallit kuten rauta, kupari, alumiini ja arvometallit kulta, hopea ja platina. Metallit voidaan käyttää Suomessa tai ulkomailla, tavallisesti Kaukoidässä, metalliteollisuuden raaka-aineina. Lisäksi romusta saadaan erotettua erilaatuista muovia, josta osa soveltuu kierrätykseen (Antila ym. 2005). Metallijäte- ja muovifraktion erottamisen toisistaan ei yleensä ole vaikeaa, mutta eri muovilajien erottelu vaatii menetelmiä, jotka voivat nostaa kustannuksia huomattavasti (Dalrymple ym. 2007). Muovien käyttöä uusiomateriaaleina helpottaa, jos puhtaat polymeerit saadaan eroon sekalaisista. Suomessa ei uusiomuoville juuri ole kysyntää, joten suurin osa talteen otetusta muovista viedään Kaukoitään (Vattulainen 2009).

5.6

Loppukäsittely

Loppukäsittelyn tarkoituksena on romun tai sen osan vaarattomaksi tekeminen tai lopullinen sijoittaminen. Loppukäsittelyyn luetaan esimerkiksi jätteiden sijoittaminen kaatopaikalle tai terminen käsittely ilman energian talteenottoa (hävityspolttot).

6 SER-jätteen käsittelyketjut laiteryhmittäin

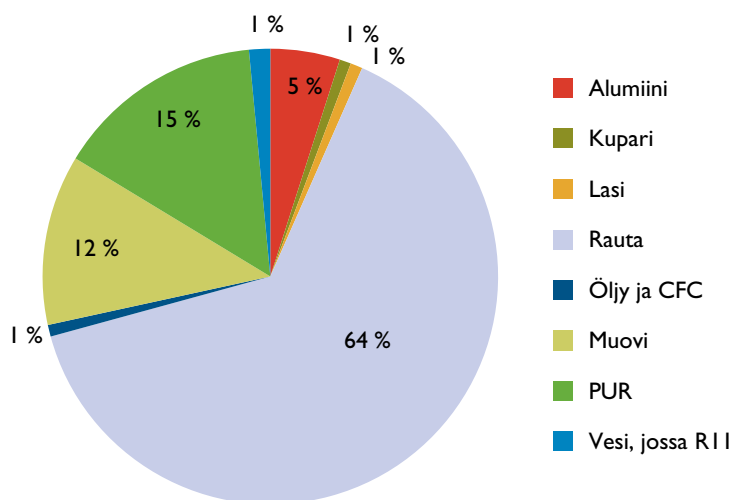
6.1

Kylmälaitteet

Kylmälaiteromua kerättiin Suomessa noin 8900 tonnia vuonna 2007, mikä vastaa 18 massaprosenttia kaikesta Suomessa kerätystä SER:stä (Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportti 2007). Kylmälaitteiden keskimääräinen käyttöaika on 12–15 vuotta, ja Suomessa poistetaan käytöstä vuosittain noin 250 000 kylmälaitetta (Itänen 2009). Kylmälaitteiden käsittelijöitä ovat mm. Ekokem Oy Ab, Stena Technoworld Oy ja Cool Finland Oy (Itänen 2009). Ekokemillä käsitellään vuosittain noin puolet keräykseen tulevista romulaitteista. Kylmälaiteromun keräyksessä on havaittavissa selvä vuodenaikavaihtelu: elokuusta lokakuuhun on kylmälaitteiden käsittelijöillä varsinainen sesonki. Tällöin romua tulee käsiteltäväksi kaksi kertaa niin paljon kuin kevättalvella (Itänen 2009).

Tässä osiossa keskitytään kuvaamaan kylmälaitteiden käsittelyä Ekokemillä (kuva 6). Valtaosa kylmälaitteista saapuu tuottajayhteisöjen ylläpitämistä kuluttajakeräyspisteistä konttikuljetuksina. Kukin kontti painaa hieman yli 2 tonnia, joten yhdellä kuljetuksella saadaan tuotua käsiteltäväksi 6–7 t romua. Suomessa ainoastaan Ekokem pystyy käsittelemään kylmälaitteiden vaaralliset otsonia tuhoavat yhdisteet haittattomiksi, joten myös muut kylmälaitteiden käsittelijät toimittavat näitä yhdisteitä Ekokemin käsiteltäviksi. (Itänen 2009)

Kuvassa 6 on kuvattu jääkaapin koostumus. Kylmälaitteen massasta lähes 70 % on metalleja, lähinnä rautaa.



Kuva 6. Jääkaapin koostumus painoprosentteina (Círculos de Innovación y Tecnología 2002 Barba-Gutiérrez'n 2008 mukaan)

Esikäsittelyssä laitteista poistetaan käsityönä hyllyt, ulkoiset kaapelit, kumitiivisteet ja irtain aines. Kompressorista otetaan talteen öljyt ja jäähdytysaineet. Myös arkkupakastinten elohopeakatkaisijat poistetaan. Hyllyt ja kumitiivisteet hyödynnetään energiana. Kaapelit toimitetaan Kuusakoski oy:n kautta metallien talteenottoon. Kompressorin toimitetaan Kuusakoskelle metallien (lähinnä raudan) talteenottoon. Kompressorin osuus laitteen massasta on noin 15 %. Esikäsittelyn energiankulutukseksi on arvioitu noin 0,1 MJ/kg kylmälaiteromua (Ripatti 2009), kun mukaan lasketaan sekä rakennuksen että prosessien vaatima energia.

Esikäsittelyn jälkeen jääkaapin runko polyuretaanieristeinen (PUR) murskataan ja syntyvät jakeet, muovit, värimetallit, rauta ja polyuretaanijauhe, seulotaan erilleen (kuva 7). Murskausprosessista syntyvällä hukkalämmöllä lämmitetään viereistä esikäsittelyhallia. Murskausvaiheen energiankulutukseksi on arvioitu noin 0,6 MJ/kg kylmälaiteromua (Ripatti 2009).

Kylmälaite sisältää keskimäärin 0,5 kg vaarallisia yhdisteitä jäähdytysaineina ja PUR:n ponnekaasuna. 2/3 yhdisteistä on polyuretaanieristeessä. Murskaus on kaasutiivis prosessi, jossa PUR jauhetaan hienoksi siten, että vaarallisia yhdisteitä sisältävät kaasukuplat rikkoutuvat. Vaaralliset yhdisteet ohjataan hävityspolttoon korkeassa lämpötilassa. Ennen käsittelyä PUR sisältää 5–8 p-% ponnekaasuaineita, ja käsittelyn jälkeen noin 0,2 p-%. Uusiopolyuretaanille ei juuri ole kysyntää, joten Ekokem hyödyntää PUR-jauheen omassa polttolaitoksessaan energiantuotannossa. (Itänen 2009)

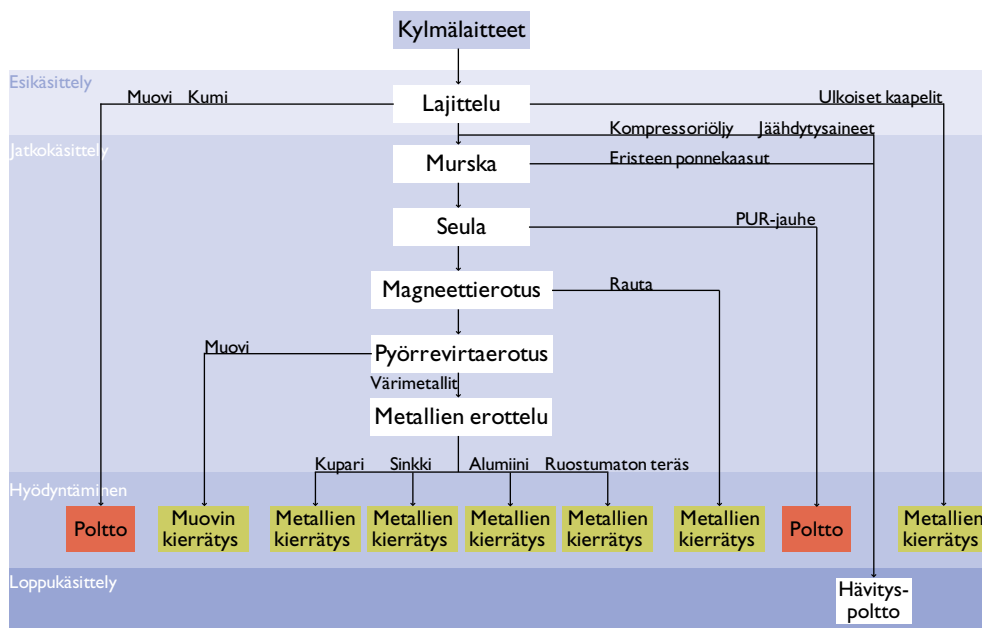
Rauta sekä alumiinia, kuparia ja sinkkiä sisältävä värimetallijae toimitetaan Kuusakoski oy:lle jatkokäsiteltäväksi. Metallien erottelussa käytetään eri vaiheissa erilaisia prosesseja ja laitteita, kuten magneettierotinta, väriin perustuvaa erottelua, upotus-kellutus-prosessia ja sähkönjohtavuuteen perustuvaa erottelua. Talteen saatua alumiini sulatetaan ja myydään tai käytetään Kuusakosken omissa prosesseissa. Erotteluprosessissa talteen saatavat muut metallijakeet hyödynnetään kotimaassa tai myydään ulkomaille, kuten Kaukoitään. Metallien erotteluprosesseista ei ole toistaiseksi saatavilla energiankulutustietoja. (Vattuainen 2009)

Kylmälaitteen sisäosan muovijae, josta 2/3 on polystyreeniä, toimitetaan läheiselle muoviprofiileja valmistavalle yritykselle, Muovix Oy:lle. Kokonaisuudessaan kylmälaitteiden massasta saadaan hyödynnettyä 95 % (taulukko 9). (Itänen 2009)

Kylmälaitteiden käsittely koostuu siis erilaisista murskaimista ja metallin erottimisista. Niiden yhteenlaskettu energian kulutus on noin 0,7 GJ/t romua. Tämä energian kulutus kattaa prosessilaitteiden ja rakennusten lämmityksen, muttei talteenotettujen metallien rikastusta ja hyötykäyttöä. Kylmälaitteiden kuljetukseen käytetään täysperävaunullisia kuorma-autoja, kuormakoko on noin 6–7 t ja keskimääräinen kuljetusetäisyys on noin 150 km, mutta polttoaineen kulutusta ei ole tässä arvioitu.

Taulukko 9. Kylmälaitteiden sisältämien materiaalin hyödyntäminen

	Materiaalihyödyntäminen	Energiahyödyntäminen	Ei hyödynnetty
Muovit	x	x	
Kumi		x	
PUR		x	
Metallit: Cu, Zn, Al, Fe	x		
Jäähdytysaineet, vesi			x
Maa-ainekset			x
Yhteensä	77 %	18 %	5 %



Kuva 7. Kylmälaitteiden käsittely Ekokem Oy:llä.

Jäähdytysaineista

Otsonikerrokselle vaarallisten CFC-yhdisteiden käyttö uusissa kylmälaitteissa jäähdytysjärjestelmissä ja eristeissä on ollut kiellettyä vuodesta 1995 (EY 2037/2000). Tällä hetkellä esimerkiksi Ekokemin käsittelemistä kylmälaitteista 85–90 % sisältää CFC-yhdisteitä (Itänen 2009). CFC-yhdisteiden käyttöä on korvattu osittain halogenoituilla kloorifluorihiihivedeillä (HCFC-yhdisteet), joiden otsonikerrosta heikentävä vaikutus on pienempi. Myös nämä yhdisteet tarvitsevat erikoiskäsittelyn. HCFC-yhdisteiden käyttö on kielletty kylmä- ja ilmastointilaitteiden huoltoa lukuunottamatta. Tämäkin käyttö kielletään vuoden 2015 alusta. (Ympäristöhallinto 2009d).

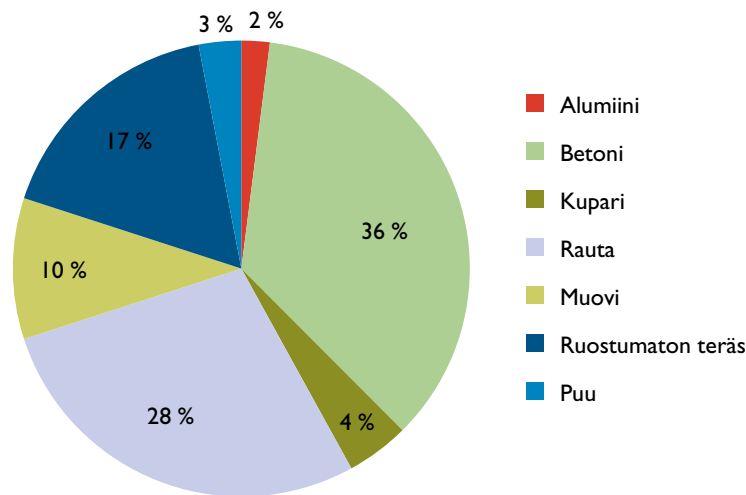
Jäähdytysaineina käytetyt fluoratut kasvihuonekaasut (HFC-yhdisteet) vaativat erikoiskäsittelyn suuren GWP-arvonsa (GWP = global warming potential) vuoksi. Esimerkiksi yleisesti käytetyn jäähdytysaineen HFC-134a:n GWP-arvo on 1300 (vrt. hiilidioksidin GWP-arvo on 1, metaanin 25). Monilla HFC-yhdisteillä arvo on vieläkin suurempi. Fluorattujen kasvihuonekaasujen käyttö on tällä hetkellä rajoitettua, ja neuvoston asetus on uudelleentarkastelussa mahdollisten tiukempien sääntöjen asettamiseksi (EY 842/2006). Jäähdytysaineina on nykyään siirrytty käyttämään hiilivetyjä (HC), kuten pentaania.

6.2

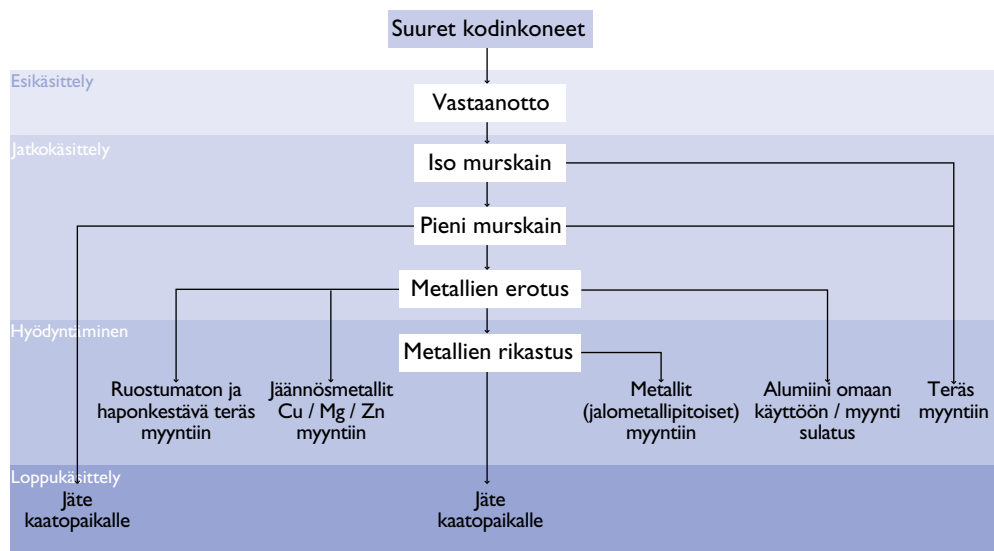
Suuret kodinkoneet

Suuret kodinkoneet kuten pesukoneet ja hellat sisältävät metallia yli 50 p-% (kuva 8). Laitteet murskataan Kuusakoski Oy:llä (kuva 9) kahdessa vaiheessa, ja talteen otetaan metallit ja osa muoveista. Teräs erotetaan myyntiin sekä isolta että pieneltä murskaimelta. Murskaimia seuraavasta metallien erotteluvaiheesta saadaan talteen ruostumaton ja haponkestävä teräs, jäännösmetallit (Cu, Mg, Zn) sekä alumiini. Alumiini sulatetaan ja käytetään itse tai myydään. Muut metallit myydään. Jalometallifraktio jatkaa erottelun jälkeen rikastukseen minkä jälkeen jalometallit myydään. Rikastuksesta jäljelle jäävä jäte sijoitetaan kaatopaikalle. Osa muoveista myydään hyödynnettäväksi Kaukoitään, ja loput sijoitetaan kaatopaikalle. (Vattulainen 2009).

Suurten kodinkoneiden murskauksessa käytetyn ison murskaimen energiankulutukseksi on arvioitu noin 225 MJ/t ja pienen murskaimen noin 260 MJ/t (Vattulainen 2009). Metallien erotteluprosessien energiankulutusta ei ole pystytty arvioimaan.



Kuva 8. Pesukoneen (60,5 kg) koostumus [m-%] (Círculos de Innovación y Tecnología 2002 Barba-Gutiérrez'n 2008 mukaan)



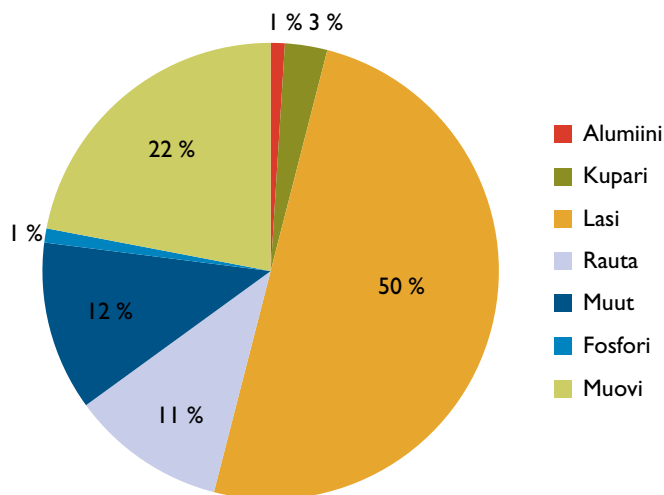
Kuva 9. Suurten kodinkoneiden käsittely Kuusakoski Oy:llä (Vattulainen 2009).

Koska suurten kodinkoneiden käsittelyssä tarvitaan useita murskaimia, magneettierottimia ja rikastusprosesseja, yhteenlaskettu energiankulutus on noin 0,5 GJ/t romua. Tässä luvussa eivät ole mukana metallien rikastusprosessit. Suuret kodinkoneet kuljetetaan noin 8 tonnin kuormina 40 tonnin täysperävaunullisella kuorma-autolla ja keskimääräisenä kuljetusmatkana voidaan käyttää samaa oletusta, 150 km:a, kuin edellä.

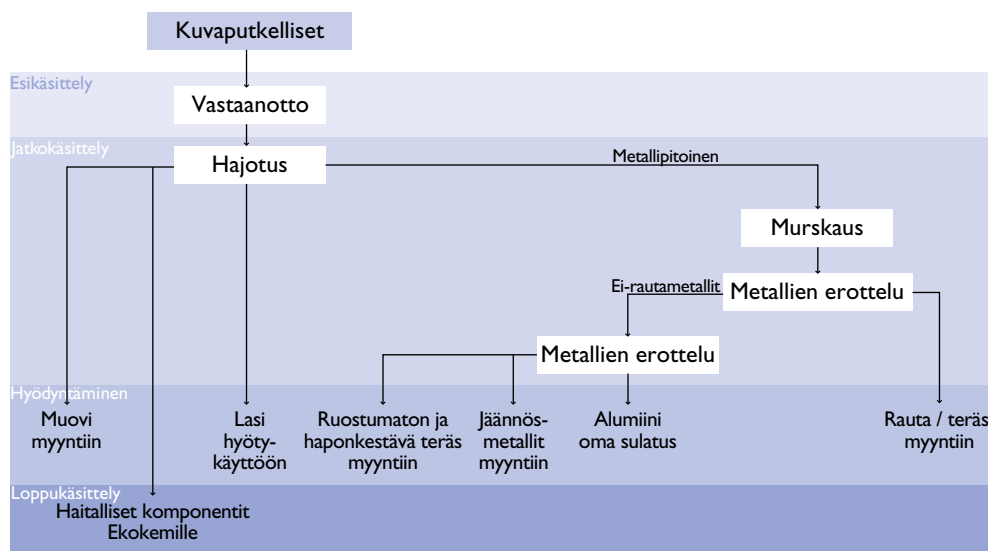
6.3

Kuvaputkilaitteet

Kuvaputkilaitteisiin kuuluu televisioita ja näyttöpäätteitä. Yhdessä kuvaputkitelevisiossa on keskimäärin 8,5 kilogrammaa muovia, 23 kg lasia ja 6,4 kg metalleja (Kuusakoski 2009). Keskimääräinen noin 16 kg:n television koostumus on esitetty kuvassa 10. Ensimmäiseksi laitteet kulkevat Kuusakoski Oy:llä erottelulaitteen läpi, jossa erotellaan kuvaputki, muovit ja metallipitoinen jae (kuva 11). Haitalliset komponentit viedään Ekokemille käsiteltäviksi. Muovit myydään Kaukoitään. Kuvaputkilasi murskataan ja osa isokokoisesta murskeesta lähetetään uudelleenkäyttöön



Kuva 10. Kuvaputkellisen television (15,6 kg) koostumus painoprosentteina (Mitsubishi 2004 Barba-Gutiérrez'n 2008 mukaan)



Kuva 11. Kuvaputkellisten laitteiden käsittely Kuusakoski Oy:llä (Vattulainen 2009).

Saksaan tai Hollantiin, missä lyijypitoinen lasi erotetaan pesemällä bariumpitoisesta lasifraktiosta. Osa isokokoisesta murskeesta viedään Ruotsiin hyötykäyttöön kaatopaikkarakentamiseen. Pienikokoinen lasimurske (alle viidesosa lasimurskasta) sijoitetaan kaatopaikalle muovitettuun hautaan. (Vattulainen 2009).

Metallipitoinen fraktio murskataan erikoismurskaimella. Murskeesta erotellaan rauta ja teräs myyntiin, ei-rautametallit jatkavat metallien erotteluun. Metallien erotteluvaiheesta saadaan talteen ruostumaton ja haponkestävä teräs, jäännösmetallit (Cu, Mg, Zn) sekä alumiini. Alumiini sulatetaan ja käytetään joko itse tai myydään. Muut metallit myydään. (Vattulainen 2009)

Prosessista tunnetaan vain pienen murskaimen energiankulutus, joka on noin 0,27 GJ/t kuvaputkiromua (Vattulainen 2009). Kuvaputkilaitteita voidaan olettaa kuljetettavan noin 8 tonnin kuormina, 40 tonnin täysperävaunullisella kuorma-autolla, ja keskimäärin 150 km matkan.

Loisteputkilamput

Loisteputkilla ja loisteputkien toimintaperiaatteella toimivilla pienloistelampuilla (energiansäästölamput) on omat käsittelyprosessinsa. Nämä lamput sisältävät pieniä määriä elohopeaa, minkä vuoksi ne ovat ongelmajätettä. Lamppuromun osuus kaikesta kerätystä romusta on 900 tonnia eli alle 2 p-% (Alakerttula 2009).

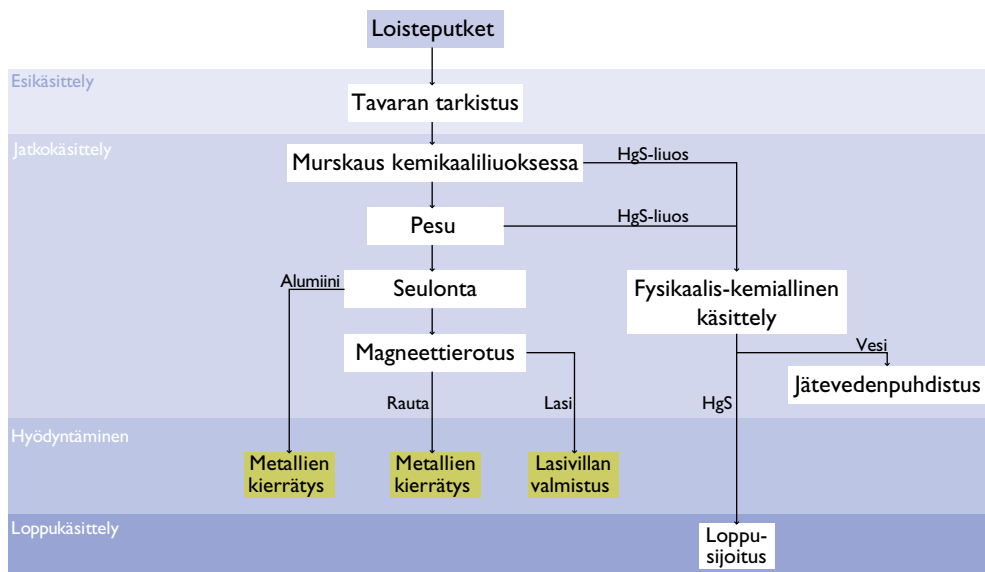
6.4.1

Loisteputket

Ekokem Oy:llä käsitellään vuosittain lähes kaikki Suomessa kerätyt noin 4,5–5 miljoonaa loisteputkea. Lamppujen tulee säilyä ehjänä keräys- ja kuljetusvaiheista, jottei elohopea karkaa ja höyrysty. Loisteputket kuljetetaan muovisissa laatikoissa. Lamppuromun käsittelyssä hyödynnetään koneellista syöttöä, jolloin estetään työntekijöiden altistumista elohopealle. Esikäsittelyvaiheessa tarkastetaan, että lamppujae ei sisällä muita jakeita (kuva 12).

Esikäsittelyn jälkeen lamput murskataan kemikaaliliuoksessa, jossa noin puolet elohopeasta sitoutuu elohopeasulfidiksi (HgS). Esi- ja hienomurskauksen jälkeen lamppuromu pestään pesurummussa, jolloin loppu elohopea saadaan talteen. Tämän jälkeen romu kulkee täryseulan ja magneettierottimen läpi, jolloin jakeiksi saadaan eroteltua lasi, rauta ja alumiini. Metallit jatkokäsitellään, mutta prosessista tunnetaan vain ensimmäisten erotteluprosessien prosessisähkön kulutus, joka on noin 0,18 GJ/t loisteputkijätettä (Ripatti 2009).

Lasi toimitetaan Suomen Uusioaines Oy:n kautta lasivillan valmistukseen, ja vuodessa tästä yli 700 tonninn lasimäärästä syntyy 900 omakotitalon lasivillaeristeet. Rauta ja alumiini toimitetaan Kuusakosken kautta muun muassa suomalaisen metalliteollisuuden raaka-aineeksi. Elohopeasulfidi puhdistetaan pesuvedestä Ekokemin fysikaalis-kemiallisessa laitoksessa, ja sakka loppusijoitetaan Ekokemin omalle kaatopaikalle. Loisteputkilamppujen materiaalihyödynnysaste on yli 90 %. (Itänen 2009) Loisteputkia joudutaan keskimäärin kuljettamaan jonkin verran enemmän kuin muuta SER-romua, koska hyödyntäjiä on koko maassa vain yksi. Näin ollen keskimääräinen kuljetusmatka on noin 200 km.



Kuva 12. Loisteputkien käsittely (poislukien pienloistelamput) Ekokem Oy:llä.

6.4.2

Pienloistelamput (energiansäästölamput)

Pienloistelamppuja käsitellään Ekokemillä vuosittain yli miljoona kappaletta, kaikki Suomessa kerätyt lamput. Tällä hetkellä pienloistelamput ohjataan polttoon ongelmajätelaitoksessa, jossa on asianmukainen savukaasunpuhdistusjärjestelmä elohopean talteen ottamiseksi.

6.5

Muu SER-jäte

Muu SER on sekalainen jae sähkö- ja elektroniikkalaitteita, joille on yhteistä suuri muovien määrä. Seuraavissa luvuissa kuvataan muuhun SER:iin kuuluvien laitteiden käsittelyketjuja laiteryhmittäin. Laitteiden käsittelyvaiheet ovat samankaltaisia, joten kuvassa 15 olevassa kaaviossa muun SER:n käsittelylle tarkastellaan kuitenkin vain yhtä yhdistettyä käsittelyketjua. Sekalaisen SER-romun käsittelyprosessina on siis yhdistelmä erilaisia murskaimia ja erottimia, mutta prosessista tunnetaan vain pienen murskaimen energiankulutus, joka on noin 0,26 GJ/t kuvaputkiromua (Vattulainen 2009). Muun SER-jätteen kuljetus toteutunee vastaavasti kuin kuvaputkilaitteilla ja suurilla kodinkoneilla, eli noin 8 tonnin kuormissa ja 150 kilometrin säteellä.

6.5.1

LCD-näytöt

Litteät LCD-näytöt käsitellään ottamalla irti metallit ja piirikortit. Metallijakeesta erotetaan alumiinit ja ruostumaton teräs. Piirikortit viedään Ruotsiin Bolideniin, jossa jakeesta erotetaan muovifraktio, kuonaa, kuparia ja jalometallijae. Loput näytöstä lähetetään Ekokemille ongelmajätteenkäsittelyyn. (Vattulainen 2009)

6.5.2

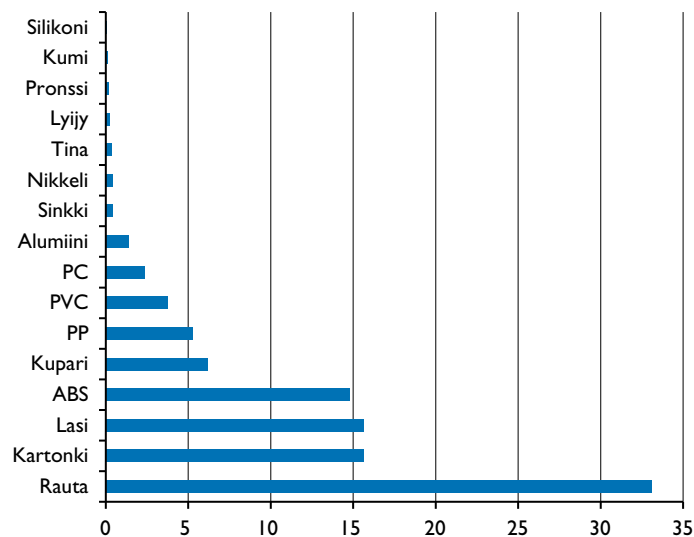
Tietokoneet

Keskusyksiköt ja kannettavat, joista on poistettu näyttö, esikäsitellään käsin ja ongelmalliset komponentit poistetaan (Vattulainen 2009). Pöytäkoneiden keskusyksiköt sisältävät enemmän metalleja ja vähemmän ongelmallisia komponentteja kuin kannettavat tietokoneet, joissa on käytetty keveyden vuoksi paljon muoviosia (Syrjä 2009). Piirikortit ja johdot liittimiseen irrotetaan ja myydään jalometallien ja kuparien talteenottolaitoksille. Loppu materiaali murskataan erikoismurskaimella. Metallien erotteluvaiheesta saadaan talteen ruostumaton ja haponkestävä teräs, jäännösmetallit (Cu, Mg, Zn) sekä alumiini. Alumiini sulatetaan ja käytetään joko itse tai myydään. Muut metallit myydään. Jalometallifraktio jatkaa erottelun jälkeen rikastukseen minä jälkeen jalometallit myydään. Rikastuksesta jäljelle jäävä jäte sijoitetaan kaatopaikalle (Vattulainen 2009).

Piirikortit muodostavat noin 3 % SER:n massasta, mutta niiden massasta jopa 29 % on arvokkaita metalleja. Kuparin ja varsinaisten jalometallien talteenottamiseksi käytetään usein pyrometallurgisia menetelmiä, kuten liekkisulatusta (Dalrymple ym.

Taulukko 10. Piirikortin koostumus (sisältää komponentit) [p-%] (Goosey ym. 2003 Tohkan ym. 2005 mukaan)

Komponentti	Ei-metallit	Kupari	Juotokset	Rauta	Nikkeli	Hopea	Kulta	Palladium	Muu
Osuus (p-%)	> 70	16	4	3	2	0,05	0,03	0,01	<0,01



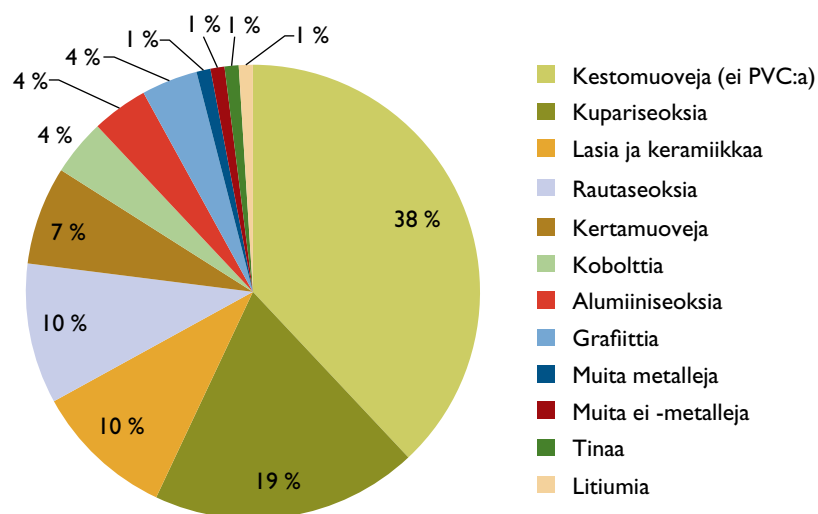
Kuva 13. Tietokoneen (23 kg) materiaalikoostumus [p-%] (Stahel Barba-Gutiérrez'n 2008 mukaan)

2007, Tohka ym. 2005). Tyypillisen piirikortin koostumus on esitetty taulukossa 10 ja tietokoneen keskimääräinen koostumus kuvassa 13. Johtojen sisältämä muovi on tällä hetkellä vaikeasti hyödynnettävissä polyvinyylidikloridin (PVC) takia ja joutuu sen vuoksi yleensä loppusijoitukseen.

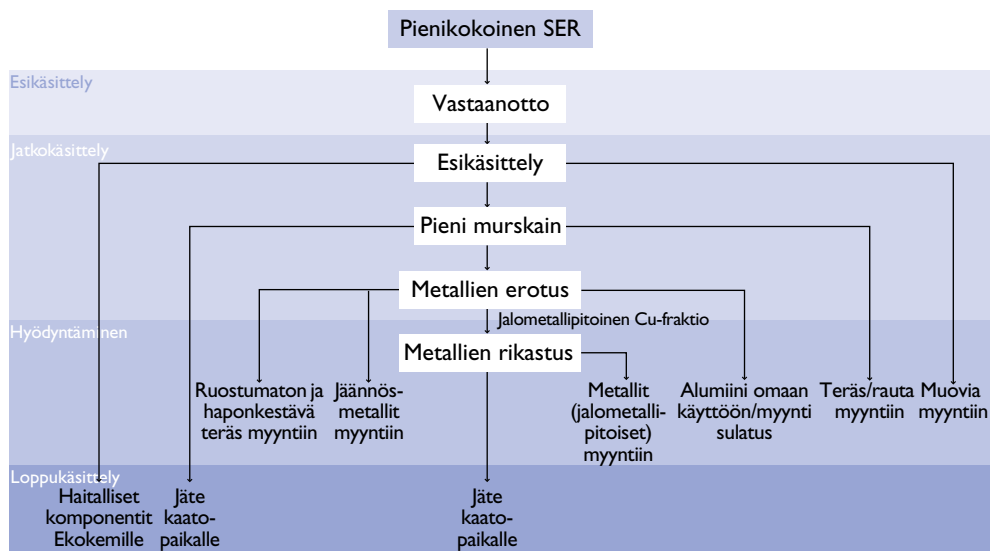
6.5.3

Kuluttajaelektroniikka

Kuluttajaelektroniset laitteet käsitellään pitkälti samalla tavalla kuin tietokoneetkin. Kuluttajaelektroniikka sisältää kuitenkin suhteessa enemmän muovia kuin tietokoneromu (kuva 14), minkä vuoksi näistä laitteista myös muovit otetaan talteen Kaukoitään myytäväksi (kuva 15). (Vattulainen 2009)



Kuva 14. Matkaviestimen koostumus (Nokia 2009)

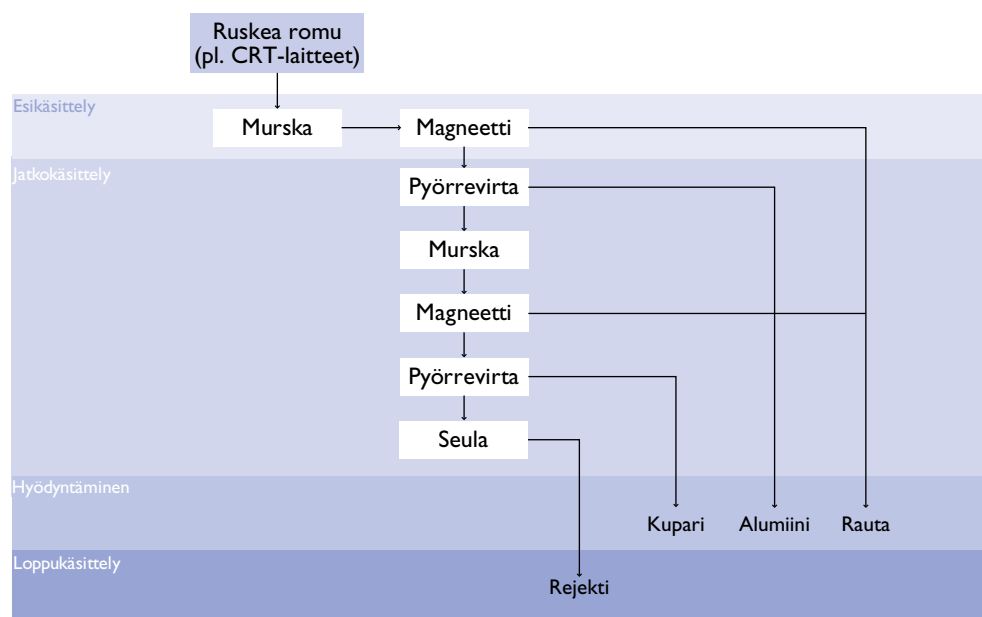


Kuva 15. Pienikokoisen SER:n (muu SER pl. isot kopiokoneet) käsittely Kuusakoski Oy:llä (Vattulainen 2009).

6.5.4

Kotitaloustarvikkeet

Tähän ryhmään kuuluvista laitteista (mm. keittimet, pölynimurit, vatkaimet) poistetaan ensin akut ja muut ongelmalliset komponentit. Muovikuoret rikotaan ja otetaan talteen. Romun loppuosaa murskataan erikoismurskaimella, ja murskeesta otetaan talteen perusmetallit ja jalometallijae yllä kuvatuilla tavoilla (kuva 16). (Vattulainen 2009).



Kuva 16. Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely esimerkkilaitoksessa (Hischier, R. ym. 2007, Huisman 2003).

6.5.5

Isot kopiokoneet ja muu isokokoinen laitteisto

Laitteista puretaan ongelmalliset komponentit kuten värikasetit pois. Värikasetit toimitetaan Ekokemille tai ongelmajätetkaatopaikalle. Loppu runko leikataan leikkurilla ja murskataan erikoismurskaimella. Metallit erotellaan ja käsitellään kuten edellä. (Vattulainen 2009)

6.6

Sähkö- ja elektroniikkajätteen esimerkkikäsittely

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittelyyn tarkoitettussa, tyypillisessä sveitsiläisessä laitteistoratkaisussa on mukana manuaalinen esikäsittelylinja, kaksi murskaa ja kaksi magneettisen erottelun ja Eddy-current-erottelijan sisältävää erotusyksikköä (Hischier, R. ym. 2007). Eri vaiheista käsityönä erotetut ja murskaimiin soveltuvat osat sekoitetaan yleensä yhdeksi jätevirraksi (Hischier, R. ym. 2007).

Murskaukseen käytettäviä laitetyyppejä on karkeasti jaoteltuna kahta eri kokoa, joista suurempaa käytetään autojen ja muiden suurten metalliesineiden murskaukseen ja pienempää, esimerkiksi pyörivällä hihnamekanismilla toimivaa laitetta, pienempien laitteiden käsittelyyn (Hischier, R. ym. 2007). Murskauksen jälkeen jäte ohjataan erotteluprosessiin, joka voi jakaa materiaalit rejektijakeen lisäksi hyvinkin moniin eri hyötymetallifraktioihin.

Kuvassa c esitetyssä esimerkkiratkaisussa on ensin suurikokoinen murska ja sen jälkeen pienikokoisempi murska, joiden jälkeen jätemurska käsitellään magneettien ja Eddy-current eli pyörrevirtaerottimen avulla. Tällä yhdistelmällä jätteistä saadaan eroteltua alumiini, rauta, kupari ja rejekti (kuva 15).

6.7

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä suoraan (esimerkiksi jätteiden poltto) ja epäsuorasti energiankulutuksen kautta. Tietoja eri prosessien energiankulutuksesta oli kuitenkin saatavissa hyvin rajallisesti. Luvuissa ei vielä ole mukana materiaalien jatkokäsittelyä eikä kaikkia esikäsittelyprosesseja, joten arviot ovat melko karkealla tasolla kokonaisuuteen nähden. Murskaus- ja lajitteluvaiheiden energiankulutus vaihteli välillä 0,2–0,7 GJ/t SER-laiteromua. Tätä tietoa käytetään pohjana koko SER-käsittely- ja hyödyntämisketjun kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa. Täydentäviä tietoja pyritään hankkimaan jatkokäsittelyiden ja rikastusprosessien osalta. Tietojen perusteella voidaan mahdollisesti arvioida, mitkä SER:n prosessoinnin vaiheet tuottavat eniten kasvihuonekaasupäästöjä, ja miten päästöjä voitaisiin vähentää. SER:n käsittelyn ympäristövaikutuksia arvioitaessa on otettava huomioon hyvitykset ja vältetyt päästöt: miltä ympäristövaikutuksilta vältetään käytettäessä kierrätysmateriaaleja neitseellisten materiaalien sijasta? SER-kierrätysjärjestelmän kehittämisessä olisi tarkasteltava ilmastonmuutosvaikutuksen lisäksi monipuolisesti muitakin ympäristövaikutuksia. Haasteena on löytää tasapaino ympäristönäkökulman sekä teknis-taloudellisten ja sosiaalisten näkökulmien välille. Sähkö- ja elektroniikkajätteiden määrät ovat kasvaneet selvästi vuosina 2005–2008, joina raportointia on toteutettu. Osa kasvusta selittyy kehittyneillä seuranta- ja kattavuustekijöillä, mutta toisaalta voidaan nähdä, että vaikka yleisenä tavoitteena on ollut ensisijaisesti vähentää romun määrää, uuden lainsäädännönkään myötä tähän tavoitteeseen ei ole päästy. Yksittäisten sähkö- ja elektroniikkalaitteiden materiaali-tehokkuus ja myös energiatehokkuus ovat yleisesti ottaen parantuneet. Myönteinen

kehitys näyttäisi kumoutuvan, sillä laitteita ostetaan useampia ja niiden käyttöikä lyhenee.

Jätteet ovat nykyisin yhä enenevässä määrin haluttu raaka-aine, jota markkinoiden mukana kuljetetaan ympäri maailmaa. Siirtojen hyödyllisyyttä tai haitallisuutta ympäristön kannalta on mahdoton arvioida ilman tarkkoja tietoja kuljetuksista ja siitä, miten romu käsitellään vastaanottomaassa. Siirtoja voitaneen pitää ympäristön kannalta hyödyllisinä, mikäli lähtömaassa ei ole riittävää kapasiteettia jätteen käsittelyyn, tai jäte vaatii erityiskäsittelyä. Sähkö- ja elektroniikkaromun kulkeutumista maailmalla on vaikea seurata laitteiden osasten päätyessä käsiteltäviksi käytännössä minne tahansa.

Jätteiden siirtoihin liittyy ympäristönäkökulmasta vaikeita kysymyksiä: tyydytäänkö heikompaan jätteenkäsittelytekniikkaan vai kuljetetaanko jäte muualle käsiteltäväksi? Päätyessään kehittyviin maihin jätteet tavallisesti poltetaan metallien talteen ottamiseksi avotulella, jolloin vapautuu raskasmetalleja ja muita myrkyllisiä päästöjä (Honkonen ym. 2009). Lisäksi esimerkiksi kylmälaitteiden asianmukaiseen käsittelyyn ei kehittyvissä maissa yleensä ole kapasiteettia, jolloin otsonikerrokselle vaaralliset yhdisteet ja myös fluoratut kasvihuonekaasut karkaavat ilmakehään. Toisaalta suurin osa käsittelystä tehdään käsityönä, joten koneiden ja laitteiden käytöstä aiheutuvia, epäsuoria kasvihuonekaasupäästöjä ei luultavasti paljonkaan synny. Kasvihuonekaasujen ohella muutkin ilmaan ja ilmanlaatuun liittyvät päästöt voivat olla merkittäviä. Esimerkkejä näistä ovat merikuljetusten happamoittavat rikkidioksidipäästöt, ja kehittymättömien polttotekniikoiden ja savukaasunpuhdistuksen takia ympäristöön leviävät myrkylliset yhdisteet. On tietenkin otettava huomioon, että materiaalien talteenoton avulla toisaalta vältetään niiltä päästöiltä, joita syntyisi käytettäessä neitseellisiä materiaaleja. Arvioitaessa siirtojen hyödyllisyyttä olisi tarkasteltava ympäristövaikutuksia kokonaisvaltaisesti.

Vaarallisten aineiden, kuten lyijyn, elohopean, kadmiumin, kuudenarvoisen kromin, polybromibifenyylin (PBB) ja polybromidifenyylieetterin, käyttöä sähkö- ja elektroniikkalaitteissa säädelään RoHS-direktiivillä. Sen sijaan monien muiden haitallisten aineiden käyttöä ei säännellä: esimerkkejä näistä ovat muovien lisäaineet, erityisesti halogeenit kloori ja bromi, joita käytetään mm. polyvinyylikloridissa (Cl) sekä palonestoaineina (Br). Halogeenit vähentävät tulipalon riskiä ja tuovat PVC-muoville jäykkyteen liittyviä suotuisia ominaisuuksia, mutta samalla rajoittavat muovin käsittelymahdollisuuksia ja materiaalien saamista hyötykäyttöön sillä kuumennettaessa ne voivat muodostaa haitallisia dioksiineja ja furaaneja. Polyklooratut dioksiinit ja furaanit (PCDD/F) ovat supermyrkyjä, mutta polybromattujen dioksiinien ja furaanien terveysvaikutuksista tiedetään vähemmän (Tohka ym. 2005). Ruskea romu sisältää yleensä klooria ainakin PVC-muovissa. Paloturvallisuussyistä näiden laitteiden muovi on käsitelty palonestoainein, joista 20 % sisältää bromia. Bromattuja palonestoaineita on kaikkiaan yli 70, ja bromipitoisen muovin erottaminen ei-bromipitoisesta on hankalaa. (Ympäristöhallinto 2009b).

Maailmassa on käytössä noin 100 000 kemikaalia. Suomeen tuodaan tai täällä valmistetaan lähes 30 000 valmistetta, jotka sisältävät vaaralliseksi luokiteltuja aineita (Ympäristöhallinto 2009c). Kaikkien sähkö- ja elektroniikkalaitteissa käytettyjen kemikaalien haitallisuutta ei tunneta, joten varovaisuusperiaatteen mukaisesti esimerkiksi monet ympäristöjärjestöt pyrkivät kannustamaan laitevalmistajia luopumaan vapaaehtoisesti haitallisiksi epäillyistä aineista (Greenpeace 2009).

Jatkossa SER-jättemäärät kasvanevat mm. sen vuoksi, että hehkulamppukiellon myötä siirrytään enenevässä määrin loisteputkilamppuihin. Loisteputkilamppujen kuuluminen sekajätteen sijaan ongelmajätekeräykseen ei välttämättä ole kuluttajien tiedossa, jolloin sekajätteeseen päätyvä ongelmajätteiden osuus pahimmassa tapauksessa kasvaa nykyisestä. Loisteputkien kierrätyksen tehostamiseksi vaihtoehtona voisi olla myös panttijärjestelmän perustaminen.

Näkemyksiä sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätysjärjestelmän kehittämisestä

WEEE-direktiivin asettamista keräystavoitteista on herännyt keskustelua. Massapersonalinen keräystavoite, 4 kg kotitalouksien sähkö- ja elektroniikkaromua henkilöä kohti vuodessa, on sama kaikille jäsenvaltiolle, mutta jäsenvaltiot voivat halutessaan määrittellä tiukempiakin tavoitteita. Suomi ei ole tähän mennessä asettanut keräystavoitetta korkeammalle, vaikka täällä SER:a kerätään reilusti yli edellytetyt vähimmäismäärän. EU:n määrittelemää keräystavoitetta pidetään ongelmallisena, sillä jäsenvaltioiden välillä on suuria eroja SER-jätehuollon tehokkuudessa: osa valtioista ylittää reilusti asetetun tavoitteen, kun taas toisille tavoitteen toteuttaminen on valtava haaste. Neljän kilon keräystavoite on myös täysin riippuvainen siitä, kuinka paljon markkinoilta poistuu laitteita. Tämä saattaa kannustaa maita keräysjärjestelmän kehittämisen sijaan tuottamaan markkinoille lisää SE-laitteita, jotta keräystavoitteeseen päästään (United Nations University 2007). Keräystavoite ei näin ollen myöskään kannusta laitevalmistajia kehittämään kevyempiä laitteita. Yhdeksi vaihtoehdoksi esitetään sitä, että keräystavoitteet määriteltäisiin vuosittain maakohtaisesti edellisenä vuonna markkinoille saatettujen laitteiden määrien perusteella.

Sähkö- ja elektroniikkaromun hyötykäyttöasteet vaihtelevat huomattavasti eri laiteluokkien välillä. Tällä hetkellä edellytetyt hyötykäyttöasteet määritellään prosentteina koko laitteen massasta. Hyötykäyttöasteiden määrittely materiaali- tai komponenttikohtaisesti saattaisi tehostaa hyödyntämistä. On esitetty, että hyödyntämistavoitteita pitäisi tarkentaa ja tiukentaa erityisesti muovipitoisen pien-SER:n osalta (United Nations University 2007). Suuria, metallipitoisia laitteitahan on kierrätetty tehokkaasti jo ennen WEEE-direktiivin voimaan astumista (United Nations University 2007).

Sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätysjärjestelmän pullonkaulana vaikuttaa olevan riippuvuus sähkö- ja elektroniikkalaitteiden käyttäjien aktiivisuudesta toimittaa romulaite kierrätykseen. Vaikka laitteet olisivat kierrätettäviä ja itse käsittelyprosessit tehokkuudessaan viimeiseen asti hiottuja, ongelmana on se, että suuri osa romulaitteista jää kierrätysjärjestelmän ulkopuolelle. Esimerkiksi Nokian valmistamien laitteiden materiaaleista 65–80 % voidaan kierrättää (Nokia 2008). Nokian teettämän kansainvälisen tutkimuksen mukaan kuitenkin vain 3 % kännykän käyttäjistä toimittaa vanhan kännykkänsä keräykseen. Kännykän käyttäjistä 44 % on tietämättömiä siitä, että kännykän voi ylipäänsä kierrättää. 70 % ei tiennyt, miten ja missä vanhan kännykän voi laittaa kierrätyksen. Kuitenkin ainoastaan 4 % puhelimista päätyy kaatopaikoille - suurin osa vanhoista kännyköistä, 44 %, jää yksinkertaisesti lojumaan pöytälaatikoihin. Noin neljäsosa käyttäjistä laittaa puhelimen kiertoon kaveripiirissä tai perheenjäsenten kesken. Jos jokainen kolmesta miljardista kännykänkäyttäjistä laittaisi vanhan laitteen kierrätykseen, säästyisi 240 000 tonnia raaka-aineita, ja välttyttäisiin neljän miljoonan auton päästöjä vastaavalta kuormitukselta. Esimerkiksi panttijärjestelmä voisi kannustaa SE-laitteiden käyttäjiä tuomaan romulaitteet keräykseen.

Sähkö- ja elektroniikkaromun kierrätyksellä ei ole Suomessa vielä vastaavia perinteitä kuin esimerkiksi paperinkierrätyksellä. Monet ihmiset vaikuttavat myönteisiltä SER:n kierrätystä kohtaan, mutta eivät tiedä, mihin vanhat laitteet voi viedä ja pitääkö niiden palauttamisesta maksaa. Välinpitämättömyyden lisäksi tietämättömyys on varmasti merkittävä syy sille, että laitteet jäävät kierrättämättä. Laitteiden kierrätyksen pitäisi olla ihmisille mahdollisimman helppoa. Keräyskaluston sijoittelussa kannattaa luultavasti hyödyntää paikkoja, joihin ihmiset muutenkin veisivät jätteitä lajitteluun. Tällöin myös kuljetuksista aiheutuvat päästöt vähenevät. SER-keräyspisteitä ei voida sijoittaa taloyhtiöiden pihoihin muiden jätteidenkeräyspisteiden

tapaan, sillä niiden on oltava miehitettyjä. Kiertävät keräykset voivat olla tehokkaita, sillä etukäteen tiedottaminen kiertävästä keräyksestä muistuttaa ihmisille, että SER on erilliskerättävä. Helpoiten nurkkiin kertyneistä, tarpeettomista romulaitteista pääsee eroon, kun laitteet noudetaan kotoa. Kiertävistä keräyksistä syntyvät päästöt eivät välttämättä ole suuremmat kuin kiinteitä keräyspisteitä käytettäessä syntyvät päästöt: kiinteisiin keräyspisteisiin romulaitteet on joka tapauksessa kuljetettava, ja yleensä kuljetus tapahtuu henkilöautolla.

Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden kierrätettävyyden määräytyy jo tuotesuunnitteluvaiheessa. Vaarallisten aineiden välttäminen tuotteissa on ympäristön ja ihmisten terveyden suojelua, ja samalla vähennetään automaattisesti syntyvän romun haitallisuutta. Kaikki romut eivät päädy asianmukaiseen kierrätykseen, joten näistä laitteista esimerkiksi lyijy ja elohopea voivat kulkeutua pohjavesiin ja otsonia tuhoavat aineet ilmakehään. Vaaralliset aineet vaikeuttavat jätteen kuljetuksia ja käsittelyä monin tavoin: kuljetuksissa täytyy noudattaa erityistä huolellisuutta, ja vaarallisten aineiden vaarattomaksi tekeminen vaatii omat käsittelyprosessinsa. Missään prosesseissa ei saada vaarallisia aineita sataprosenttisesti poistettua, ja prosesseissa tapahtuu aina vuotoja. Vaarattomaksi tekeminen on myös suhteellinen käsite: vaaralliset aineet saadaan harvoin täysin vaarattomaksi, mutta vähemmän haitallisiksi yhdisteiksi ne voidaan muokata. Tällöin ongelmaksi jää joka tapauksessa loppusijoitus: vaaralliset aineet tarvitsevat käsiteltyinäkin usein erikoiskohtelua, ja ne joudutaan sijoittamaan kalliille, erityisille ongelmajätteenkäsittelypaikoille. Vaaralliset aineet lisäävät välillisesti myös SER:n käsittelyn kasvihuonekaasupäästöjä, sillä useammat käsittelyvaiheet vaativat enemmän energiaa.

Paras tapa vähentää sähkö- ja elektroniikkaromun ilmasto- kuten muutakin ympäristökuormitusta olisi vähentää syntyvän romun määrää. Käytännössä tämä tarkoittaa SE-laitteiden käyttöajan pidentämistä. Käyttöajan pidentäminen taas riippuu pitkälti ihmisten varallisuudesta sekä arvoista ja asenteista: kuinka usein on tarpeellista hankkia uusi laite? Kännykän käyttöaika oli amerikkalaisten tutkimusten mukaan jo 2000-luvun alussa vaivaiset 18 kuukautta (Digitoday 2002). Laitevalmistajien täytyisi omalta osaltaan mahdollistaa laitteiden entistä pidempi käyttö. Huolestuttava trendi on se, että laitteita ei suunnitella kestäviksi vaan kestämaan vain vähän aikaa – esimerkiksi taulutelevisioille myönnetään vaivainen kahden vuoden takuu. Laitteiden korjaaminen taas voi maksaa enemmän kuin uusi laite. Korjattavuuden lisäksi käyttöaikaa voivat pidentää laitteiden parempi päivitettävyyden ja muokattavuus käyttäjän tarpeisiin. Tarjoamalla näitä palveluita laitevalmistajat voivat saada tuloja myös muuten kuin uusien laitteiden myynnillä. Kun laitteesta lopulta tulee jätettä, kierrätettävyyttä helpottaisivat tarkka tuoteseloste tai komponenteissa olevat symbolimerkinnot, joissa kerrotaan, mistä materiaaleista laitteiden komponentit koostuvat.

LÄHTEET

- Alakerttula, J. 2009. Pirkanmaan ympäristökeskus. Kirjallinen tiedonanto. Sähkö- ja elektroniikkaromu. Jakso 2007. Taulukko vuonna 2007 Suomessa kotitalouksilta ja yrityksiltä kerätyistä ja hyödynnetyistä SER-jätteistä.
- Antila, A., Karppinen, M., Leskelä, M., Mölsä, H., Pohjakallio, M. 2005. Tekniikan kemia. Edita 2005.
- Barba-Gutiérrez, Y., Adenso-Díaz, B., Hopp, M. 2007. An analysis of some consequences of European electrical and electronic waste regulation. Resources, Conservation and Recycling 52 (2008) 481–495. Saatavissa: www.sciencedirect.com.
- Basel 1989. Baselin sopimus vaarallisten jätteiden kansainvälisistä siirroista ja käsittelystä. Saatavissa: <http://www.basel.int/text/documents.html>
- Chancerel, P., Rotter, S. 2009. Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. Waste Management 29 (2009) 2336–2352. Saatavissa www.elsevier.com/locate/wasman
- Círculos de Innovación y Tecnología 2002. “Estimación de los residuos procedentes de los AEE en Andalucía”. Círculos de Innovación y Tecnología. Saatavissa: www.uca.es/cit/
- Dalrymple, I., Wright, N., Kellner, R., Bains, N., Geraghty, K., Goosey, M., Lightfoot, L. 2007. An integrated approach to electronic waste (WEEE) recycling. Circuit World 2 (2007) 52–58. Saatavissa: <http://www.emeraldinsight.com/0305-6120.htm>
- Defra 2006. Guidance on Best Available Treatment Recovery and Recycling Techniques (BATRR) and treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment. Saatavissa: <http://www.defra.gov.uk>
- Digitoday 2002. www.sivu.m digitoday.fi/?page=showSingleNews&newsID=20029856
- Digitoday 2008. Kaupan hyllyt täyttyvät takuuumusta. Saatavissa: www.m digitoday.fi/?page=showSingleNews&newsID=20088380
- EEA 2009. Waste without borders in the EU? Transboundary shipments of waste. European Environment Agency. Raportti 1/2009. Saatavissa: www.eea.europa.eu
- Ekokem 2008. EU:n jätestrategiassa määritelty jätehierarkia. Saatavissa: <http://www.ekokem.fi> > Lisää tietoa > Jätteiden synnyn ehkäisy > EU:n jätestrategiassa määritelty jätehierarkia (Viitattu 13.8.2009)
- Elker 2009. www.sivu.m elker.fi/fi/raportointi
- EY 842/2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EY) N:o 842/2006, annettu 17 päivänä toukuuta 2006, tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti).
- EY 2037/2000. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EY) N:o 2037/2000, annettu 29 päivänä kesäkuuta 2000, otsonikerrosta heikentävistä aineista.
- EY 1013/2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EY) N:o 1013/2006, annettu 14 päivänä kesäkuuta 2006, jätteiden siirrosta.
- ETY 75/442/ETY. Neuvoston direktiivi, annettu 15 päivänä heinäkuuta 1975, jätteistä (75/442/ETY).
- Goosey M., Kellner R. 2003. Recycling technologies for treatment of end of life printed circuit boards (PCBs). Circuit World 29/3, 33–37. UK.
- Greenpeace 2009. Guide to cleaner electronics. <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/how-the-companies-line-up>
- Greenpeace 2006. Exporting harm; The High-Tech Trashing of Asia. <http://www.greenpeace.org/china/en/press/reports/exporting-harm-the-high-tech>
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R.B., Bernsten, T., Bindoff, N.L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J.M., Hegerl, G.C., Heimann, M., Hewitson, B., Hoskins, B.J., Joos, F., Jouzel, J., Kattsov, V., Lohmann, U., Matsuno, T., Molina, M., Nicholls, N., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, V., Ren, J., Rusticucci, M., Somerville, R., Stocker, T.F., Whetton, P., Wood, R.A. ja Wratt, D. 2007. Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. Pages 19–91.
- Honkonen, J., Tuurala, A. 2009. Vihreä IT; elektroniikan elämänsykli. Tietokone 5/2009
- Hischier, R., Wäger, P., Gauglhofer, J. 2005. Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE). Environmental Impact Assessment Review 25 (2005) 525–539. Saatavissa: www.sciencedirect.com.
- Honkanen, K. 2009. Työ ja toiminta ry. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja touko-syyskuussa 2009.
- Hämäläinen, T. 2009. ERP Finland Oy. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja touko-syyskuussa 2009.
- Itänen, A. 2009. Ekokem Oy. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja touko-syyskuussa 2009.
- Kalliokoski, J. 2009. Laitetaan hyvä kiertoon. Myös Uusix kierrättää. Helen. Helsingin energian asiakaslehti. 3/2009.
- Kuusakoski Oy 2009. Kierrätä helposti. [www.kuusakoski.fi/inet/kuusakoski/FI2/Frontpage.nsf/0/CE3F2AA50448059DC225738700403C5D/\\$file/index.html](http://www.kuusakoski.fi/inet/kuusakoski/FI2/Frontpage.nsf/0/CE3F2AA50448059DC225738700403C5D/$file/index.html)
- Lehtomäki, P., Mäkelä, O. 2009. Energiansäästölamppujen kierrätyksen tehostaminen. Kirjallinen kysymys 111/2009 vp. Saatavissa: http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/kk_111_2009_p.shtml
- Mishra, R. K. 2002. Cyanide destruction and gold recovery – a review. Precious Metals 26 44–65.
- Mitsubishi 2004. Mitsubishi Electrical Corporation. Tekninen raportti. Saatavissa: www.mitsubishi.com
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M. ja Dahlbo, H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=92262&lan=fi>.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, S., Zevenhoven, M., Ollikainen, M., Dahlbo, H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. Suomen ympäristö SY 39/2008. Saatavissa: www.ymparisto.fi/julkaisut

- Nokia 2008. Press Release. Global consumer survey reveals that majority of old mobile phones are lying in drawers at home and not being recycled. Saatavissa: www.nokia.com/press/press-releases/showpressrelease?newsid=1234291 (Viitattu 1.10.2009)
- Nokia 2009. Www-sivu. www.nokia.fi/nokia/a4423391/kestavan-kehityksen-mukaiset-tuotteet/materiaalien-hallinta
- Revised Correspondent Guidelines 2007. Revised Correspondent Guidelines No 1 on shipments of waste electrical and electronic equipment (WEEE). Saatavissa: www.ec.europa.eu/environment/waste/shipments/guidance.htm
- Serty 2009. Serty – kodintekniikka kiertoon. Www-sivu. <http://www.serty.fi/fi/etusivu> (Viitattu 13.8.2009)
- Syrjä, E. 2009. Stena Technoworld Oy. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja touko-syyskuussa 2009.
- Tohka, A., Lehto, H. 2005. Mechanical and Thermal Recycling of Waste from Electric and Electrical Equipment. Picaset Oy, Helsinki 2005. ISBN 951-22-7901-0
- United Nations University 2007. 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Final Report.
- Valkonen, T. 2009. Serty. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja touko-syyskuussa 2009.
- Vattulainen, A. 2009. Kuusakoski Oy. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja touko-syyskuussa 2009.
- VnA 852/2004. Valtioneuvoston asetus sähkö- ja elektroniikkalaiteromusta. Saatavissa: www.ymparisto.fi
- Ympäristöhallinto 2009a. 16.6.2009 (päivitetty). Sähkö- ja elektroniikkalaitteet ja tuottajavastuu. www.ymparisto.fi > Yritykset ja yhteisöt > Jäteasiat > Tuottajavastuu jäteh... > Sähkö- ja elektroniikkalaitteet ja tuottajavastuu (Viitattu 13.8.2009)
- Ympäristöhallinto 2009b. 28.7.2009 (päivitetty). Bronatut palonestoaineet. www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Ympäristön kemikaalis... > Huolenaineet > Bromatut palonestoaineet (Viitattu 13.8.2009)
- Ympäristöhallinto 2009c. 3.9.2009 (päivitetty). Ympäristön kemikalisoituminen. www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Ympäristön kemikalisoituminen. (Viitattu 13.8.2009)
- Ympäristöhallinto 2009d. 30.7.2009 (päivitetty). Kylmälaitteissa olevat otsonikerrosta heikentävät aineet. www.ymparisto.fi > Ympäristönsuojelu > Otsonikerroksen suojelu > Otsonikerrosta heike... > Kylmälaitteissa olevat otsonikerrosta heikentävät aineet (Viitattu 13.8.2009)

KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika Marraskuu 2009
Tekijä(t)	Sonja-Maria Ignatius, Tuuli Myllymaa ja Helena Dahlbo			
Julkaisun nimi	Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely Suomessa			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20 / 2009			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana vain internetissä: www.ymparisto.fi/syke/julkaisut			
Tiivistelmä	<p>Suomen ympäristökeskus (SYKE) osallistuu vuosina 2009–2011 EU:n Life+ - ohjelman rahoittamaan hankkeeseen ”Julia 2030: Ilmastomuutos Helsingin seudulla – hillintä ja sopeutuminen”. Hankkeen tavoitteina on vähentää kasvihuonekaasuja Helsingin metropolialueen kaupunkien toiminnassa, kehittää työkaluja kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan kaupunkien, kuntalaisten ja yritysten käyttöön sekä varautua sopeutumaan ilmastomuutokseen. SYKE:n yhtenä tehtävänä hankkeessa on tuottaa kasvihuonekaasujen päästökertoimia eri jätteille jätehuollon ilmastolaskureita varten. Tätä tarkoitusta varten sähkö- ja elektroniikka-romusta (SER) tehtiin selvitys, jossa kartoitettiin SER-jätteiden määrää, laatua, käsittelyprosesseja ja hyödyntämistapoja. Selvityksen tulokset on koottu tähän raporttiin.</p> <p>SER-jätettä päätyi keräykseen Suomessa vuonna 2007 noin 49 000 tonnia, mikä vastaa noin 9 kilogrammaa kerättyä jätettä henkeä kohti. Suuret kodinkoneet vastaavat massaltaan noin puolesta Suomessa kerätystä romusta. Ne ovat metalliteollisuuden haluttua raaka-ainetta metallipitoisuutensa ja vähäisten esikäsittelyvaatimustensa vuoksi sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Muita massaltaan suuria SER-luokkia ovat tieto- ja teletekniset laitteet ja kuluttajaelektroniikkalaitteet, jotka vastaavat kumpikin noin 21 p-% kerätystä SER:stä. Näihin luokkiin sisältyvät mm. kuvaputkitelevisiot ja kuvaputkinäytöt. Kerättyjen massojen perusteella pienimpiä ryhmiä ovat pienet kodinkoneet, valaistuslaitteet, sähkö- ja elektroniikkatyökalut, lelut, vapaa-ajan ja urheiluvälineet, lääkinnälliset laitteet, tarkkailu- ja valvontalaitteet sekä automaattit. Nämä luokat muodostavat yhteensä vain noin 7 prosenttia kerätystä romusta.</p> <p>Sähkö- ja elektroniikkalaitteiden materiaalien koostumus ja koko vaihtelevat suuresti, mikä vaikeuttaa käsittelyä ja SER:n sisältämien materiaalien saamista hyötykäyttöön. Eri laiteryhmissä koostumus on hyvin erilainen, sillä laitteet on suunniteltu mitä erilaisimpiin tarkoituksiin ja niiden koko vaihtelee pienestä muistitikusta jääkaappiin. Yksittäiset laitteetkin ovat epähomogeenisia, koska niissä on käytetty lukuisia eri komponentteja ja materiaaleja. Esikäsittely on kallein ja työläin vaihe SER:n prosessoinnissa, sillä se tehdään manuaalisesti. Jatkokäsittely on yleensä mekaanista prosessointia, jossa jakeiden kokoa pienennetään, materiaaleja luokitellaan ja erotetaan toisistaan paremman talteenottoasteen takaamiseksi. Lisäksi vaihtoehtoina ovat mm. röntgeneroittelu, kemiallinen upotus-kellutus ja aineiden sähköjohtavuuteen perustuva pyörrevirtaerottelu.</p> <p>Romusta erotellut materiaalit soveltuvat usein käytettäväksi uusiomateriaaleina, jolloin ne voivat korvata neitseellisten raaka-aineiden käyttöä. Tällaisia materiaaleja ovat erilaiset metallit kuten rauta, kupari, alumiini ja arvometallit kulta, hopea ja platina. Metallit soveltuvat metalliteollisuuden raaka-aineiksi. Lisäksi romusta saadaan eroteltua erilaatuista muovia, josta osa soveltuu kierrätykseen ja osa hyödynnetään energiana. Työssä selvitettiin myös eri käsittelyvaiheiden energiankulutusta. Ensimmäisten käsittelyvaiheiden kulutuksen todettiin vaihtelevan välillä 0,2 - 0,7 GJ/SER-jätetonne, mutta täydellisiä energiataseita laitteille ei saatu laadittua tietojen huonosta saatavuudesta johtuen.</p>			
Asiasanat	SER, sähkö- ja elektroniikkaromu, hyötykäyttö, kierrätys, jätteet, jätehuolto, energian kulutus			
Rahoittaja/toimeksiantaja	EU:n Life+ -ohjelma			
	ISBN (nid.)	ISBN 978-952-11-3591-0 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1796-1726 (verkkokj.)
	Sivuja 54	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis. alv 8 %) -
Julkaisun myynti/ jakaja	Julkaisu on saatavana vain internetissä: www.ymparisto.fi/syke/julkaisut Suomen ympäristökeskus (SYKE), asiakaspalvelu, PL 140, 00251 Helsinki Puh. 020 690 183, faksi (09) 5490 2190 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki, Puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.ymparisto.fi/syke			
Painopaikka ja -aika				

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands Miljöcentral (SYKE)	Datum	November 2009	
Författare	Sonja-Maria Ignatius, Tuuli Myllymaa och Helena Dahlbo			
Publikationens titel	Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely Suomessa (Behandlingen av el- och elektroniskrot i Finland)			
Publikationsserie och nummer	Finlands miljöcentrals rapporter 20 / 2009			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.ymparisto.fi/syke/publikationer (på finska)			
Sammandrag	<p>Finlands miljöcentral (SYKE) deltar under åren 2009–2011 i projektet ”Julia 2030 Klimatförändring i Helsingforsregionen - begränsning och anpassning” finansierat av EU:s Life+ - program. Projektets mål är att minska växthusgasutsläppen från städerna i Helsingforsregionen, att utveckla för städerna, kommuninvånarna och företagen verktyg att beräkna växthusgasutsläpp samt att göra förebereelser för anpassning till klimatförändringen. En av SYKEs uppgifter i projektet är att producera växthusgasers utsläppskoefficienter för olika avfallskomponenter att användas i avfallshanteringens klimatkalkylator. I detta syfte gjordes en utredning om el- och elektroniskrot, där skrotets mängd, kvalitet, behandlingsprocesser och återvinning kartlades. Utredningens resultat presenteras i denna rapport.</p> <p>El- och elektroniskrot insamlades i Finland år 2007 cirka 49 000 t, vilket motsvarar 9 kg insamlat avfall per person. Stora hushållsmaskiner utgör cirka hälften av det i Finland insamlade skrotets massa. De är efterfrågat råmaterial både i Finland och det övriga Europa i metallindustrin tack vare sin metallhalt och det ringa behovet av förbehandling. Andra till sin massa stora el- och elektroniskrotskomponenter är data- och teletekniska apparater och hemelektronik, som båda utgör cirka 21 % av det insamlade av el- och elektroniskskrotet. I dessa komponenter ingår bl.a. bildrörstelevisioner och bildrörsmotorer. Utgående från de insamlade massorna är de minsta apparatgrupperna små hushållsapparater, armaturer, el- och elektroniska verktyg, leksaker, fritids- och sportutrustning, medicinsk apparatur, kontroll- och övervakningsapparater samt automater. Dessa komponenter utgör tillsammans endast cirka 7 % av det insamlade skrotet.</p> <p>De elektriska och elektroniska apparaternas materialsammansättning och storlek varierar mycket, vilket försvårar behandlingen och utvinningen av materialen i el- och elektroniskrot. I de olika apparatgrupperna är sammansättningen mycket varierande, för apparaterna är planerade för vitt skilda ändamål och deras storlek varierar från små minnesstickor till kylskåp. Enskilda apparater är inte heller homogena, eftersom de består av talrika olika komponenter och material. Förbehandlingen är det dyraste och mest arbetsdryga skedet i processningen av el- och elektroniskrot, eftersom den görs manuellt. Den fortsatta behandlingen är i allmänhet mekanisk, varvid komponenternas storlek minskas, materialen klassificeras och separeras från varandra för att garantera en högre grad av tillvaratagande. Alternativa metoder är dessutom röntgenseparering, kemisk nedsänkning - uppflytning och separering av ämnen med virvelström på basen av deras konduktivitet.</p> <p>De ur skrotet separerade materialen lämpar sig ofta för återvinning, varvid de kan ersätta jungfruliga råmaterial. Dylka återvunna material är till exempel järn, koppar, aluminium och ädla metaller som guld, silver och platina. Metallerna lämpar sig som råvara för metallindustrin. Därtill kan man ur skrotet separera diverse plaster, av vilka en del lämpar sig för återvinning och en del kan användas som energikälla. I arbetet utreddes också energiförbrukningen i de olika behandlingsstadierna. Förbrukningen i de första stadierna konstaterades vara mellan 0,2 och 0,7 GJ/skrot-ton, men fullständiga energibalanser för apparaterna kunde inte uppgöras på grund av att det var svårt att erhålla data.</p>			
Nyckelord	el- och elektroniskrot, återvinning, avfall, avfallshantering, energiförbrukning			
Finansiär/ uppdragsgivare	EU:s Life+ - program			
	ISBN (hft.)	ISBN 978-952-11-3591-0 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	Sidantal 54	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) -
Beställningar/ distribution	Publikationen finns tillgänglig bara på internet: www.ymparisto.fi/syke/publikationer (på finska) Finlands miljöcentral (SYKE), kundservice, PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 690 183, fax +358 9 5490 2190 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors, Tfn. +358 20 610 123 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort -år				

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> November 2009
<i>Author(s)</i>	Sonja-Maria Ignatius, Tuuli Myllymaa and Helena Dahlbo			
<i>Title of publication</i>	Sähkö- ja elektroniikkaromun käsittely Suomessa (Management of Waste Electrical and Electronical Equipment (WEEE) in Finland)			
<i>Publication series and number</i>	Reports of Finnish Environment Institute 20 / 2009			
<i>Theme of publication</i>				
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available only on the internet: www.ymparisto.fi/syke/publications (in Finnish)			
<i>Abstract</i>	<p>Finnish Environment Institute (SYKE) will take part in 2009–2011 in the project "Julia 2030 Climate change in the Helsinki region – mitigation and adaptation", financed by EU's Life+ -program. The aim of the project is to reduce greenhouse gas emissions in cities in the Helsinki metropolitan area, to develop tools for the municipalities, residents and businesses to estimate greenhouse gas emissions, and to make preparations to adapt to climate change. One of SYKE's assignments in the project is to produce greenhouse gas emission factors for different waste components to be used in the climate calculators. For this a study was made of the waste electrical and electronic equipment, where the amount, quality, management processes, and ways to recover WEEE were surveyed. The results are presented in this report.</p> <p>About 49,000 t of WEEE was collected in Finland in 2007, which corresponds to about 9 kg of collected waste per person. Large appliances make up about half the mass of scrap collected in Finland. They are desired raw material because of their high content of metal and low need to be pre-processed, both in Finland and elsewhere in Europe. Other large WEEE components by mass are computer and telecommunications devices, and consumer electronics, which both make up about 21 % of the collected WEEE. Television tubes and old computer monitors are included in these waste components. Based on the collected masses the smallest device groups are small appliances, lighting, electric and electronic tools, toys, leisure and sports equipment, medical devices, control and surveillance devices, and automats. These components make up about 7 % of the collected scrap.</p> <p>The material and size of electric and electronic devices vary very much, which makes waste processing and material recovery from WEEE difficult. In different groups of devices the composition is very diverse, because the devices have been planned for a variety of functions, and their sizes vary from a small memory stick to a fridge. Also individual devices are heterogeneous, because they comprise of several components and materials. Pretreatment is the most expensive and laborious stage in processing WEEE because it is done manually. Further processing is usually mechanical, where the size of the components is reduced, materials classified, and separated from each other to ensure a better recovery. Additional options are X-ray separation, chemical immersion-floating, and whirlpool separation which is based on electric conductivity.</p> <p>Substances separated from scrap are often suitable for material recovery, in which case they can replace virgin raw materials. Such substances include various metals such as iron, copper, aluminium and precious metals like gold, silver and platinum. The metals are good as raw material in the metal industry. Moreover, plastics of various quality can be separated from scrap, of which some can be recycled and some used for energy production. The energy consumption of the different processing phases was studied. The use of energy during the first phases varied between 0.2 and 0.7 GJ/WEEE t, but complete energy balances for the devices could not be determined because it was difficult to retrieve adequate information.</p>			
<i>Keywords</i>	waste electrical and electronical equipment, recovery, recycling, waste, waste management, energy consumption			
<i>Financier/ commissioner</i>	EU's Life+ -program			
	ISBN (pbk.)	ISBN 978-952-11-3591-0 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1796-1726 (online)
	No. of pages 54	Language Finnish	Restrictions Public	Price (incl. tax 8 %) -
<i>For sale at/ distributor</i>	The publication is available only on the internet: www.ymparisto.fi/syke/publications (in Finnish) Finnish Environment Institute (SYKE), Customer service, P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 690 183, fax +358 9 5490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE), P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-3591-0 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkokj.)